

MIRANT ENRERE

Els primers telescopis de Galileu. Consideracions sobre els seus orígens i trets característics

Ignasi Juvells Prades i Rosa Maria Moliné Sala

1 La invenció del telescopi

Com sol passar amb la major part dels invents de l'antiguitat, no se sap amb exactitud qui va inventar el telescopi perquè hi ha diferents personatges que, segons els seus escrits, podrien ser els primers a parlar-ne. El primer és l'italià Giambattista Della Porta (1535-1615), que en el seu llibre *Magia Naturalis*, segurament el primer tractat sobre lents, escrit l'any 1589, fa una descripció d'un aparell que podria ser un telescopi, tot i que és poc clara i molts autors no hi donen valor. El segon cas és semblant: l'holandès Zacharias Jansen (c. 1580-1632), que cap al 1590 va inventar el microscopi, sembla que també podia haver estat l'inventor del telescopi, segons es desprèn dels seus escrits, però té poca credibilitat en la historiografia. El cas més reconegut és el de Hans Lippershey (1570-1619), també holandès, fabricant i comerciant de lents, que l'any 1608 va construir o, almenys posseïa, un telescopi. Segons una imaginativa història, van ser els seus fills els que, jugant amb les lents, van comprovar que ajuntant-ne una de convergent i una de divergent s'augmentava la mida dels objectes llunyans. En qualsevol cas, el que sí que és clar és que Lippershey va intentar patentar la idea del telescopi (hi ha una petició seva feta a l'Haia amb data del 2 d'octubre de 1608) i que la patent li va ser rebutjada adduint que ja n'hi havia d'altres funcionant. En realitat, pocs dies després (el 14 i el 17 d'octubre) el mateix Jansen i un altre fabricant de lents holandès, Jacob Metius d'Alkmaar (1571-1628), també van intentar registrar la patent (Van Helden, 1975). El telescopi que proposava Lippershey feia uns 50 cm de llargària, tenia un diàmetre de 3 o 4 cm i era d'uns tres augments aproximadament. Sembla que telescopis amb aquestes característiques es van fer relativament corrents a Holanda i a França, i l'any 1609 es podien comprar a les botigues de fabricants de lents de París. Fins i tot el govern holandès en va regalar un parell al rei de França.

Darrerament s'ha difós una notícia segons la qual l'inventor del telescopi podria ser català. La revista *History*

Today ha publicat un article, firmat per Nick Pelling, que atribueix l'invent al gironí Joan Roget (Pelling, 2008). La idea es basa en una sèrie de fets: un fill de Zacharias Jansen diu que el seu pare va copiar el disseny d'un artefacte que havia comprat i que datava de l'any 1590. D'altra banda, Jeroni Sirturo (deixeble de Galileu) afirma, en un llibre del 1618, que l'inventor va ser un òptic de Girona que es deia Roget. L'article de Pelling, en realitat, es basa en els estudis que va fer cap als anys cinquanta del segle XX l'optometrista i historiador Josep Maria Simón de Guilleuma (1886-1965), que va recollir diferents dades sobre Joan Roget.

Amb tot això arribem a l'any 1609 i a Galileo Galilei (1564-1642). El famós físic i astrònom, professor de matemàtiques a Pàdua, es devia assabentar de l'existència d'aquest invent quan estava a Venècia, i ràpidament va tornar a Pàdua i en va fabricar un d'uns tres augments, com aquells dels quals havia sentit a parlar, col·locant una lent convergent i una de divergent als extrems d'un tub de plom. En vista de l'èxit, i segurament entenen el principi del funcionament del nou aparell, aviat en va fer un altre d'uns vuit o deu augments. Aquest telescopi el va ensenyar el mes d'agost de 1609 al Senat venecià, en una demostració en què es va poder observar des del *campanile* de la plaça de Sant Marc les illes de l'entorn i les naus que arribaven. Galileu va regalar l'instrument a les autoritats juntament amb un escrit en què n'explicava el funcionament. A continuació, en va fabricar un altre d'uns vint augments, amb el qual va fer una cosa nova: mirar cap al cel, prendre notes del que hi veia i publicar-ho. Amb aquest telescopi va descobrir, des de Pàdua, els cràters de la Lluna i quatre satèl·lits de Júpiter. Els resultats de les seves observacions, acompanyades de dibuixos, els va publicar a Venècia el març de 1610, en una obra anomenada *Sidereus Nuncius*. Més tard, va construir un telescopi de trenta augments, i després encara en va construir d'altres, per bé que no sempre tenia èxit i la qualitat dels telescopis era molt variable (Scott, 1964). Ell mateix va reconèixer que n'havia provat més de seixanta, i que només alguns

eren adients per a observacions astronòmiques. En concret, l'abril del mateix 1610, una demostració a Bolonya va ser un fracàs. En canvi, el març de 1611, va fer una demostració a Roma en què es van poder observar objectes a gran distància i els satèl·lits de Júpiter. Hi ha qui diu que va ser en aquesta ocasió que l'amfitrió, el príncep Federico Cesi, va utilitzar per primera vegada el nom de telescopi per referir-se a l'instrument dissenyat per Galileu.

2 Coneixement que tenia Galileu del funcionament del telescopi

Sidereus Nuncius és una obra curta (24 pàgines), molt directa per a la seva època, que inclou una sèrie de dibuixos de Galileu que mostren les seves observacions amb el telescopi: esquemes, imatges de la Lluna, d'algunes constel·lacions i dels satèl·lits de Júpiter. L'any 1610 se'n van imprimir 550 exemplars, dels quals actualment se'n conserven una trentena. La figura 1 mostra la portada d'un d'aquests llibres. Recentment, un antiquari de Nova York, Richard Lan, ha descobert un original del llibre de Galileu amb aquarel·les pintades de pròpia mà.

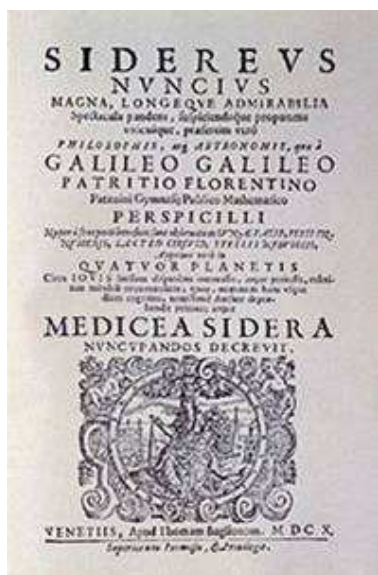


Figura 1: Portada del *Siderus Nuncius*

La figura 2 mostra una pàgina del *Sidereus Nuncius* amb un dibuix que s'ha fet servir repetidament per justificar que Galileu entenia el funcionament del telescopi. En realitat, només ensenya una lent, l'objectiu, i el camí dels raigs que vénen dels extrems d'un objecte (HI), es refracten a les vores de la lent (C i D) i segueixen cap al punt E en lloc d'anar cap a A i B. Així, els dos raigs entren a l'ull formant un angle com si vinguessin de F i G, en lloc del que formarien si vinguessin directament de H i I, és a dir, formen un angle més gran i, per tant, l'objecte de mida HI es veu augmentat, es veu de mida FG. El text

fa una explicació més o menys en aquests termes.

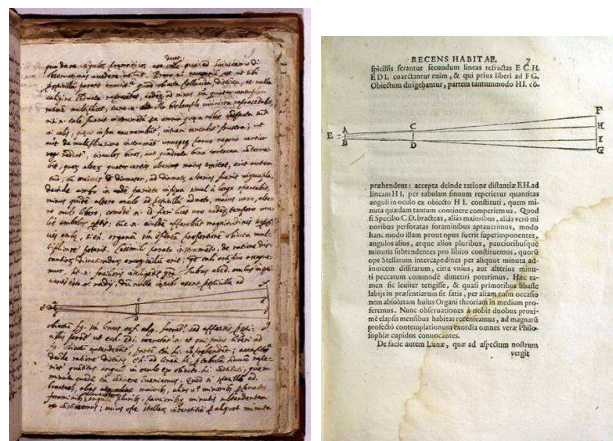


Figura 2: *Sidereus Nuncius*. a) Pàgina del manuscrit de Galileu. b) Pàgina d'una de les edicions. En les dues figures es veu l'esquema del camí dels raigs de llum a través de l'objectiu del telescopi i es pot llegir part de l'explicació de Galileu

3 Característiques dels telescopis de Galileu

Com ja hem dit, en la bibliografia de l'època (i en les explicacions de Galileu mateix) es fa referència al fet que Galileu va construir diferents telescopis d'entre tres i trenta augments.

Al Museo di Storia della Scienza de Florència s'hi conserven dos telescopis complets i una lent (objectiu) sola, que s'atribueixen a Galileu i que han estat estudiats amb detall per diferents autors (Ronchi, 1923; Baxandall, 1924; Greco, 1993). Les característiques de les lents, segons aquests autors, són les de la taula 1, i les dels telescopis corresponents, les de la taula 2.

	Primer radi (mm)	Segon radi (mm)	Índex	Gruix a l'eix òptic (mm)
Objectiu I	950	-2700	1,580	2,5
Ocular I	pla	45,5	1,509	3,0
Objectiu II	535	pla	1,550	2,0
Ocular II	-51,5	51,5	1,527	1,8
Objectiu III	940	-12000	1,523	4,0

	Diàmetre (mm)	Obertura (mm)	Focal (mm)
Objectiu I	51	26	1330
Ocular I	26	11	-94
Objectiu II	37	16	980
Ocular II	22	16	-47,5
Objectiu III	58	38	1710

Taula 1: Especificacions òptiques de les ulleres de Galileu (segons la bibliografia)

En realitat, l'únic element que se sap segur que és de Galileu és l'objectiu III, que és el que va fer servir per descobrir els satèl·lits de Júpiter. Aquesta lent, que Galileu havia donat al gran duc de la Toscana, Ferdinando II de

	Augments	Camp	Resolució
Telescopi I	14	15'	20''
Telescopi II	21	15'	10''

Taula 2: Característiques dels telescopis (segons la bibliografia)

Mèdici (1610-1670), i que la conservava el seu germà, el cardenal Leopoldo (1617-1675), es va trencar per accident l'any 1667. Posteriorment, l'any 1677, el nou gran duc de la Toscana, Cosimo III (1642-1723), va fer construir a l'artista Vittorio Crosten (holandès documentat a Florència entre el 1663 i el 1704) un receptacle de marfil per guardar-la, que és el que encara es conserva. En canvi, l'ocular del telescopi II segur que no és l'original, ja que se sap que es va perdre i que va ser substituït per una lent bicòncava.



Figura 3: Telescopis de Galileu conservats al Museo di Storia della Scienza de Florència

4 Funcionament del telescopi de Galileu

El telescopi de Galileu consta d'un objectiu convergent (focal f'_{obj} positiva) i d'un ocular divergent (focal f'_{oc} negativa), col·locats de manera que el focus imatge de l'objectiu coincideixi amb el focus objecte de l'ocular (figura 4).

Per a l'objectiu es verifica la relació de formació d'imatge:

$$-\frac{1}{-(f'_{obj} + f'_{oc})} + \frac{1}{e} = \frac{1}{f'_{oc}}$$

$$\Phi_{obj} = \Gamma' \Phi'_{obj}$$

on e és la posició de la imatge de l'objectiu respecte a l'ocular, Φ_{obj} i Φ'_{obj} són els diàmetres de l'objectiu i de la seva imatge, i Γ' , l'augment del telescopi.

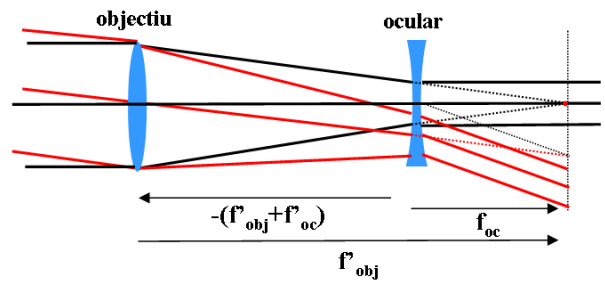


Figura 4: Esquema d'un telescopi de Galileu on es marquen les focals de l'objectiu i de l'ocular i la separació entre ells

D'aquesta manera, l'augment visual, donat per l'expressió $\Gamma' = -\frac{f'_{obj}}{f'_{oc}}$, és positiu, fet que expressa matemàticament que les imatges a través del telescopi de Galileu no es veuen invertides (tal com passa en el telescopi astronòmic) sinó dretes.

Per al telescopi de Galileu la limitació del camp no està ben definida. Com que la imatge de l'objectiu a través de l'ocular està situada dins del telescopi (entre l'objectiu i l'ocular) no és possible situar la pupila de l'ull a sobre d'ella, que és la manera de limitar el camp de forma nítida (figura 5).

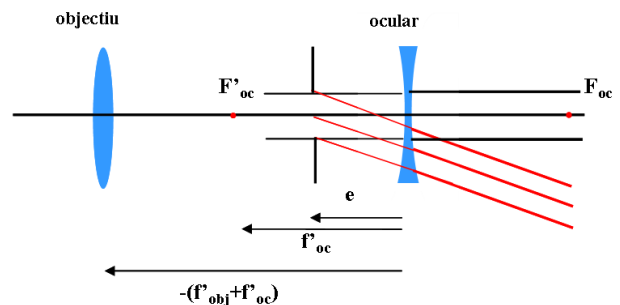


Figura 5: Imatge de l'objectiu en un telescopi de Galileu

D'aquesta manera, encara que es col·loqui l'ull al més a prop possible de l'ocular, hi ha un vinyetatge entre la imatge de l'objectiu (forat per on surt la llum del telescopi) i la pupila de l'ull (forat per on li entra la llum), que fa que la il·luminació a la retina disminueixi cap a les vores de les imatges. Així, se sol parlar d'un camp d'il·luminació plena (ω_P), que determina la zona il·luminada uniformement, però després la llum va decreixent, passant per un camp d'il·luminació mitjana (ω_M), fins a un camp límit (ω_L), a partir del qual no arriba llum a l'ull, ja que el feix que surt del telescopi no entra per la pupila. La figura 6 mostra la manera de calcular els diferents camps (semicamps) a l'espai imatge a partir de les posicions i els diàmetres de la imatge de l'objectiu a través de l'ocular i

de la pupila de l'ull.

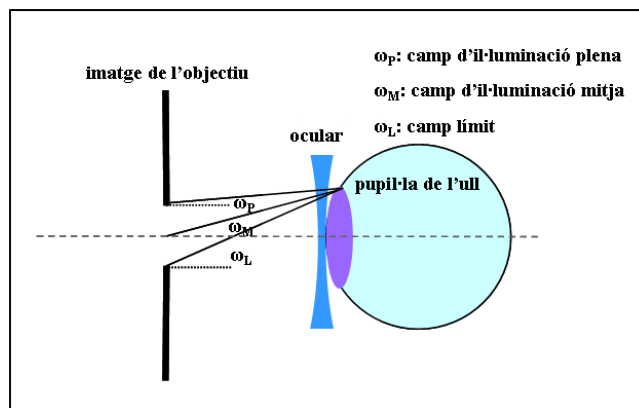


Figura 6: Determinació dels diferents camps de visió d'un telescopi de Galileu

Per als telescopis de Galileu que es conserven a Florència els resultats són els de la taula 3.

	Camp d'il·luminació plena	Camp d'il·luminació mitjana	Camp límit
Telescopi I	9'	14'	19'
Telescopi II	15'	18'	21'

Taula 3: Valors dels camps calculats a partir de les dades de la taula 1

Aquestes dades concorden de manera aproximada amb el que diu la bibliografia (vegeu taula 2), que assigna un camp d'uns 15' al dos instruments, sense diferenciar de quin camp es tracta.

Cal tenir en compte que el diàmetre angular de la Lluna és d'uns 31' (exactament, 33' 28.8" en el perigeu i 29' 23.2" en l'apogeu). Així que, amb aquests instruments, Galileu només podia veure aproximadament la meitat de la Lluna.

5 Com eren els primers telescopis? Representacions en l'art del segle XVII

Els telescopis són objectes que s'han representat molt poc en l'art, sobretot durant els anys inicials, és a dir, al llarg del segle XVII. L'exemple típic, i pràcticament únic, que se sol presentar és el dels retrats del mateix Galileu portant a la mà un dels seus telescopis. En realitat, n'hi ha un únic exemple, el retrat que el pintor holandès Justus Sustermans (Anvers, 1597 – Florència, 1681) va pintar l'any 1639. Aquest quadre, que es pot atribuir a Sustermans mateix o al seu taller, es troba a la Galleria Palatina del Palazzo Pitti, a Florència (figura 7).

El fet significatiu és que a la part inferior esquerra del quadre sobresurt una punta d'un telescopi. Sembla que el quadre era més gran i el telescopi més complet, però en

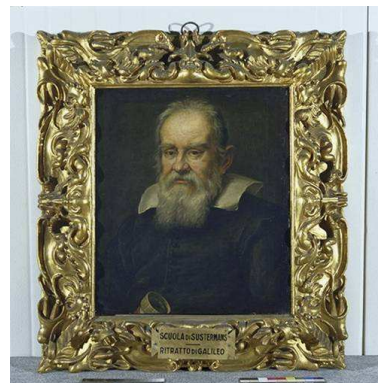


Figura 7: Retrat de Galileu. Galleria Palatina del Palazzo Pitti de Florència

algun moment es va retallar. Això ho corroboren algunes còpies que se'n conserven d'èpoques posteriors, com ara les de les figures 8 i 9.



Figura 8: Retrat de Galileu. National Maritime Museum de Londres

La figura 8 correspon a una còpia que hi ha al National Maritime Museum de Londres. En realitat, és una còpia d'una altra còpia que es troba a la Bodleian Library d'Oxford. La còpia d'Oxford la va encarregar Vincenzo Viviani (deixeble de Galileu) l'any 1641, segurament al mateix Sustermans, per regalar-la a Oxford.

La figura 9 és una còpia del segle XVIII que pertany al British Optical Association Museum, també a Londres. Com es pot observar, ha estat modificada segons el gust de l'època, i és més imaginativa i allunyada de l'original.

Hi ha, però, unes altres pintures que poden ser molt més significatives per conèixer l'aspecte dels telescopis a la primèria del segle XVII. Es tracta de les pintures de les figures 10 i 11, que són al Museo del Prado. La primera és *La Vista*, pintada l'any 1617 per Jan Bruegel de Velours (Brussel·les, 1568 – Anvers, 1625) i Peter Paulus Rubens (1577-1640). La segona és *La vista i l'olfacte*, pintada

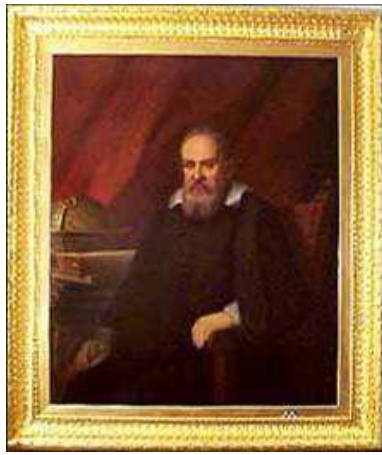


Figura 9: Retrat de Galileu. British Optical Association Museum de Londres

l'any 1620 per Jan Bruegel de Velours.



Figura 10: La vista. Jan Bruegel de Velours i Peter Paulus Rubens (1617)



Figura 11: La vista i l'olfacte. Jan Bruegel de Velours (c. 1620)

En els dos quadres, pintats als Països Baixos, hi ha representats uns telescopis metàl·lics molt ben dissenyats

pel que fa a l'aspecte exterior, tal com es pot veure en l'ampliació de la figura 12, que correspon al quadre del 1617.



Figura 12: Detall de la figura 10

Creiem que els telescopis representats en aquestes pintures són del tipus de Galileu. Cal considerar que la idea del telescopi astronòmic, basat en la substitució de l'ocular negatiu per un de positiu, la va donar Kepler l'any 1610, i no va ser duta a terme fins al 1617, per Christopher Scheiner, ja que tenia moltes aberracions a causa de la poca qualitat de les lents del moment. Per tant, és difícil que el pintor estigués tant al dia de les novetats científiques.

Si comparem els telescopis d'aquestes pintures amb els primers que es conserven i que hem analitzat en els aparells anteriors, podem constatar que hi va haver una ràpida evolució, almenys en els adorns de l'aspecte exterior, potser perquè s'utilitzaven com a objectes de decoració o de regal entre determinats cercles socials.

Bibliografia

- BAXANDALLI, D. "Replicas of two Galileo telescopes". *Transactions of the Optical Society*. Vol. 25 (1924), p. 141-144.
- GRECO, V.; MOLESINI, G.; QUERCIOLO, F. "Telescopes of Galileo". *Appl. Opt.*. Vol. 32 (1993), p. 6219-6226.
- PELLING, N. "Who Invented the Telescope?". *History Today*. Vol. 58 (2008), p. 26-32.
- RONCHI, V. "Sopra i cannocchiali di Galileo". *L'Universo*. Vol. 4 (1923), p. 791-804.
- SCOTT BARR, E. "Men and Milestones in Optics—III. Galileo Galilei". *Appl. Opt.*. Vol. 3 (1964), p. 1321-1328.
- VAN HELDEN, A. "The Historical Problem of the Invention of the Telescope". *History of Science*. Vol. 13 (1975), p. 251-263.