

CONSTRUCCIÓN DE UN TELESCOPIO EN EL AULA

Anicet Cosials, Catedrático de Física y Química del Institut Guindàvols de Lleida



Se propone la construcción de dos tipos de telescopios refractores con materiales sencillos y al alcance de todos los alumnos: el telescopio de Galileo y el telescopio de Kepler. También se explica la formación de las imágenes y sus características principales.

INTRODUCCIÓN

¿Os imagináis cómo sería la astronomía actual si no se hubiera inventado el telescopio?

Desde la antigüedad se conocía que los objetos, vistos a través de una botella esférica

de vidrio llena de agua, se veían aumentados. Pero al parecer, esta virtud era atribuida al agua, no a la redondez del vidrio.

Las lentes correctoras de la miopía y presbicia empiezan a aparecer a finales del siglo XII. Todo

parece indicar que, mucho antes, el emperador romano Claudio Nerón miraba a través de una esmeralda para mejorar su visión defectuosa.

Todavía hay dudas sobre quién fue el inventor del telescopio. Todo parece indicar que dos artesanos ópticos holandeses, Hans Lippershey y Jacob Meltius, independientemente, y con pocos meses de diferencia, presentaron la solicitud de patente el año 1608 al gobierno holandés. El invento se extendió por toda Europa.

En el año 1609, Galileo no tardó en deducir el funcionamiento de aquel enigmático instrumento y construyó algunos, cada vez mejores, a partir de un tubo de plomo y un ocular divergente. El primero conseguía sólo tres aumentos y equivaldría a unos modernos binoculares de teatro, y el último treinta. Cuando miró al cielo con su telescopio, revolucionó la astronomía del momento.

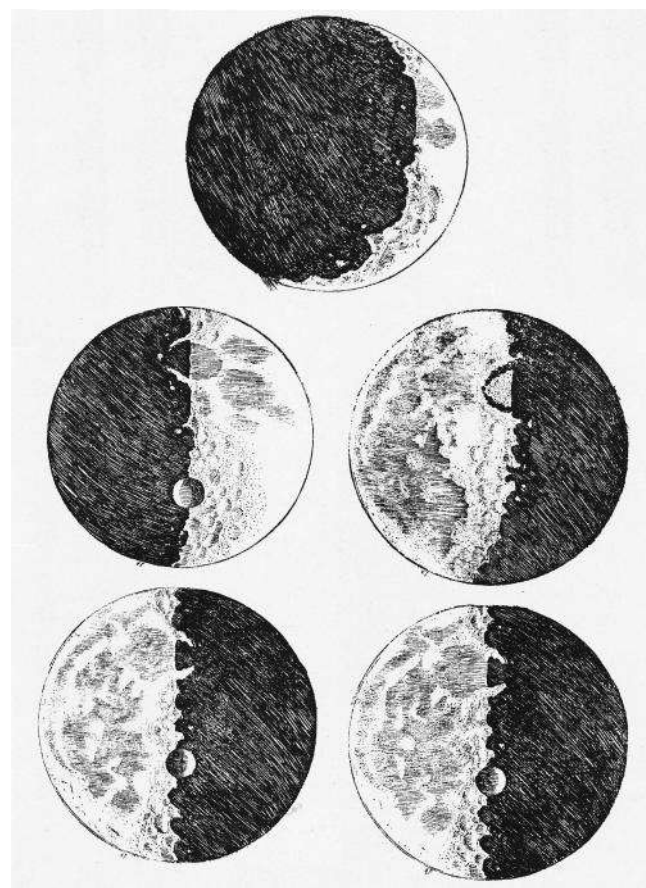


Fig. 1: Galileo consiguió ver los cráteres lunares

Descubrió las fases de Mercurio y Venus, los cráteres de la Luna (Fig. 1), los cuatro satélites de Júpiter y algunas estrellas de la Vía Láctea. Galileo fue la primera persona que publicó hallazgos astronómicos con el telescopio, por lo cual hay que considerarle justamente como el auténtico inventor. Sorprende que un invento de consecuencias tan importantes no hubiese sido reivindicado por nadie. De todas maneras, es comprensible, si se tiene en cuenta que en aquella época, las oficinas de patentes escaseaban y los medios legales para defenderse de los imitadores no existían.

No pretendo crear un debate sobre qué contenidos de Física deberían estar presentes en los currículums de ciencias, ni el orden en que deberían impartirse. En mis inicios como profesor de Física y Química en la antigua Formación Profesional, el primer tema que programaba era la óptica, y éste ha sido uno de los campos donde he podido diseñar y aplicar las actividades didácticas que más interés y satisfacción han despertado entre los alumnos.

Desde que se implantó la ESO en nuestro sistema educativo, se ha ofertado en nuestro instituto, dentro del currículum variable del segundo ciclo, el crédito "Luz y color". En este espacio, hemos tenido la posibilidad de aplicar los conocimientos adquiridos sobre el comportamiento de la luz, diseñando y construyendo telescopios.

El trabajo que aquí explico puede hacerse individualmente o en grupo, en este caso, el coste se reduce. En una de las horas de clase se explica el proceso de construcción, y posteriormente los alumnos lo construirán en sus casas, con los materiales que tengan a su disposición (tubos de cartón, PVC, cuentahílos, lupas...). El telescopio se presenta con una pequeña memoria. A título de ejemplo puede consultarse el trabajo El telescopio de Kepler <http://www.xtec.es/~acosiall/personal/kepler.pdf>.

En Cataluña, los alumnos de Bachillerato deben hacer obligatoriamente un trabajo de investigación conocido como Treball de Recerca. "Diseñar y construir un telescopio" ha sido una de las propuestas de temas de investigación que he hecho a los alumnos en varios cursos, que se materializaron en los trabajos de Nuria Campa (2002) y Raúl Castillo (2003).

En este artículo se proponen algunas pautas para que cada alumno de secundaria pueda construir su propio telescopio refractor, de una manera muy sencilla y rápida, con materiales que estén a su alcance, y pueda realizar con él algunas observaciones astronómicas: cráteres de la Luna, los satélites galileanos de Júpiter, etc.

Para ello se va a explicar el proceso de construcción de dos tipos de telescopios refractores: el telescopio de Galileo (1609) y el telescopio de Kepler (1611).

TELESCOPIO DE GALILEO. CONCEPTOS TEÓRICOS

La función de un telescopio es facilitar la observación de objetos lejanos que se ven pequeños porque los son sus imágenes en la retina. Mediante un conjunto de lentes entre el objeto y la retina se consigue ampliar la imagen.

El telescopio de Galileo es un telescopio refractor que utiliza un sistema óptico formado por un ocular divergente y un objetivo

convergente (Fig. 2). Delante del tubo hay una lente convergente, el objetivo, de gran distancia focal ($f_1 = +100$ cm), para refractar o desviar la luz procedente de fuentes lejanas. En el otro extremo del tubo hay una lente divergente, el ocular, con una distancia focal corta ($f_2 = -10$ cm) que produce una imagen ampliada al desviar la luz previamente concentrada por el objetivo.

La longitud del telescopio (L) está condicionada por las distancias focales f_1 y f_2 de las lentes:

$$L = f_1 + f_2$$

En nuestro caso,

$$L = 100 + (-10) = 90 \text{ cm}$$

La potencia de una lente (D) se expresa en dioptrías, y se define como la inversa de su distancia focal expresada en metros:

$$D = 1/f$$

Por convenio, se asocian distancias focales positivas a las lentes convergentes, y negativas a las divergentes. Por consiguiente, en las lentes convergentes su número de dioptrías será positivo, y en las divergentes, negativo.

A título de ejemplo, la potencia de las lentes de nuestro telescopio será:

	Distancia focal (m)	Potencia (nº de dioptrías)
Objetivo	+1	1/1 = +1 D
Ocular	-0,1	1/-0,1 = -10 D

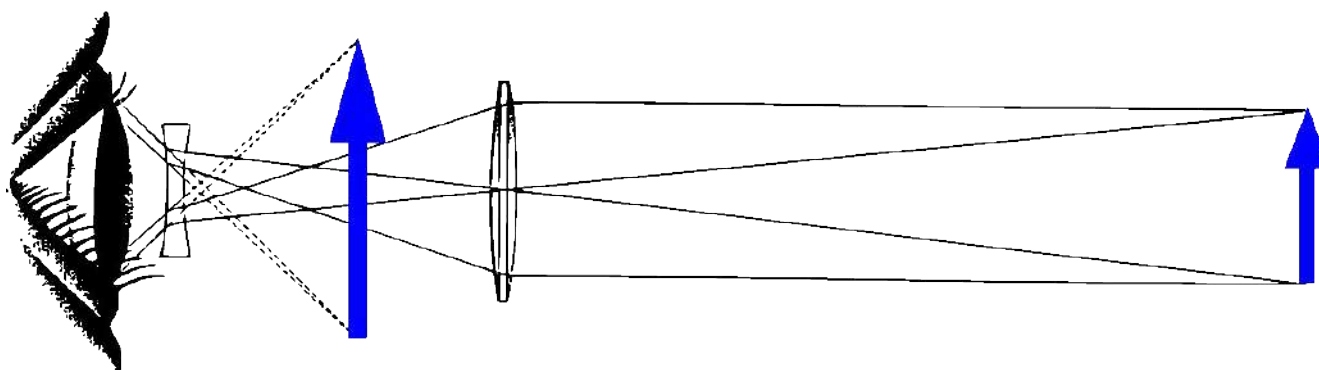


Fig. 2: El telescopio de Galileo con ocular divergente proporciona imágenes sin invertir (Colin A. Ronan, 1982). El dibujo muestra una construcción habitual que emplea sólo dos de los tres rayos "principales", aunque en realidad la fuente puntual lejana emite un haz de luz que puede representarse por infinitos rayos que, al atravesar la lente convergen hacia el punto imagen.

El número de aumentos de un telescopio (a) está determinado por la relación entre las distancias focales del objetivo f_1 y del ocular f_2 :

$$a = \frac{f_1}{f_2}$$

Cuanto mayor sea la distancia focal del objetivo f_1 y menor la del ocular f_2 , mayor será el número de aumentos.

El telescopio de Galileo que proponemos tendrá, según la fórmula anterior:

$$100 \text{ cm} / 10 \text{ cm} = 10 \text{ aumentos}$$

Decir que un telescopio proporciona 10 aumentos significa que, en el supuesto que observemos la Luna, la veríamos como si la observáramos desde una distancia 10 veces menor.

No hay que obsesionarse demasiado con los aumentos. Se puede llegar a pensar que el mejor telescopio es el que proporciona más aumentos, y esto es falso ya que cada instrumento tiene un límite máximo a partir del cual, por más aumentos que se le agreguen sólo conseguirá obtener una progresiva pérdida de detalles y la aparición de visiones borrosas por las aberraciones cromáticas.



Fig. 3: Una imagen con más aumentos suele ser más borrosa, menos brillante y con menos campo

Los telescopios refractores trabajan bien con un número de aumentos equivalente a 2 veces el diámetro del objetivo (d) en mm. Un

telescopio de 60 mm de diámetro de objetivo no permitirá ver bien con más de 120 aumentos.

Hay que tener también en cuenta que, cuanto mayor sea el número de aumentos, menor será su luminosidad: los objetos se verán más oscuros.



Fig. 4: Telescopio que construyó Galileo

El poder de resolución de un telescopio representa el ángulo de separación mínimo entre dos estrellas para que puedan verse separadas cuando son observadas a través de él. A causa de las limitaciones impuestas por la difracción de la luz, el poder de resolución depende del diámetro del objetivo (d). La expresión aproximada es:

$$\text{Poder de resolución} = 120 / d$$

Donde d se expresa en mm y el ángulo resultante en segundos de arco. El valor de d también es muy importante, porque cuanto más grande sea, más energía luminosa penetra en el aparato, con lo cual, se pueden detectar estrellas menos brillantes.

El campo abarcado es la porción o superficie de cielo que abarca un telescopio al mirar a través de él. Cuanto más elevada sea la potencia del instrumento óptico, tanto menor será el campo que éste abarque. A título de ejemplo, si un telescopio de 50 aumentos abarca justo el diámetro de la Luna, con otro de 100 aumentos sólo veremos la cuarta parte de ella.

MATERIAL Y CONSTRUCCIÓN DEL TELESCOPIO DE GALILEO

Necesitaremos una lente convergente de +1 dioptrías que se utilizará como objetivo. Se compra en una óptica. El diámetro puede oscilar entre 5 y 8 cm aproximadamente.

También una lente divergente de -10 dioptrías (ocular). Esta lente debe tener un diámetro inferior a 5 cm. Puede comprarse en una óptica, pero también cabe utilizar las lentes de los equipos de óptica que hay en los centros.

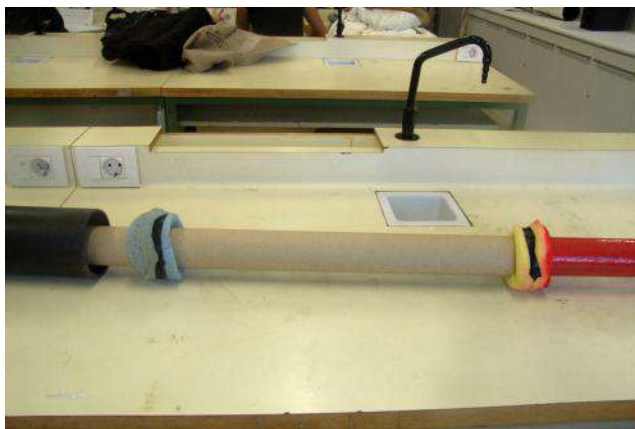


Fig. 5: Tubo interior recubierto con dos esponjas.

El cuerpo del telescoipo lo haremos con dos tubos resistentes de cartón de distinto diámetro, de los que se utilizan para el envío de documentos. También valen tuberías de PVC. Se cortan con una sierra de metal, con a una longitud aproximada de 90 cm y 70 cm. El diámetro interno de los tubos debe ser algo superior al diámetro de las lentes.

Para encajar el tubo de menor diámetro dentro del otro tubo, usaremos una bayeta Spontex.

Y también cinta adhesiva, por ejemplo, la cinta americana, para fijar la esponja al tubo, pintura de color negro mate, cartón de cajas de embalaje, regla milimetrada, compás y tijeras.

Para construirlo, el tubo interior se recubre con dos esponjas, o con dos tiras de bayeta Spontex (Fig. 5). También puede utilizarse



Fig. 6: Tubo interior recubierto con dos tiras de velcro.

velcro (Fig. 6). Las esponjas se fijan al tubo con cinta adhesiva, cinta americana o cinta aislante. De esta manera se consigue que el tubo interior se adapte al exterior y pueda deslizarse a través de él, para poder graduar y obtener el enfoque apropiado.

Es conveniente pintar el interior de los tubos con pintura de color negro mate, para evitar reflexiones de la luz dentro de los tubos.

Para fijar las lentes a los tubos, se recortan dos coronas circulares iguales con un diámetro externo que coincida con el diámetro interno de los tubos. Entre las dos coronas circulares de cartón se coloca la lente. La lente queda atrapada entre los dos cartones, los cuales están unidos por un fijador tipo blu-tack (Fig. 7). Se

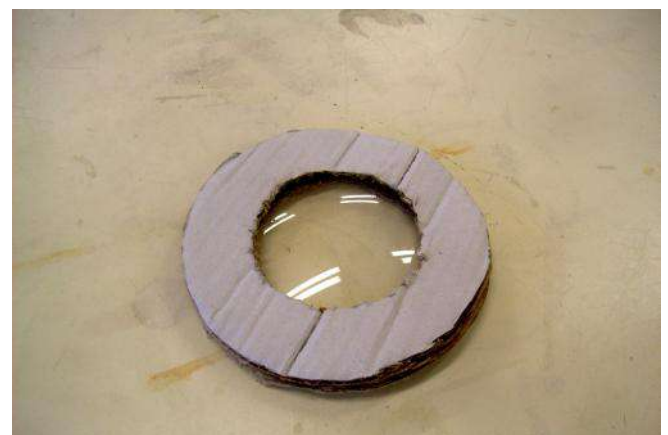


Fig. 7: Lente entre dos coronas circulares de cartón

ajusta la lente a un extremo del tubo ejerciendo una ligera presión (Fig. 8).

Por último queda meter un tubo dentro del

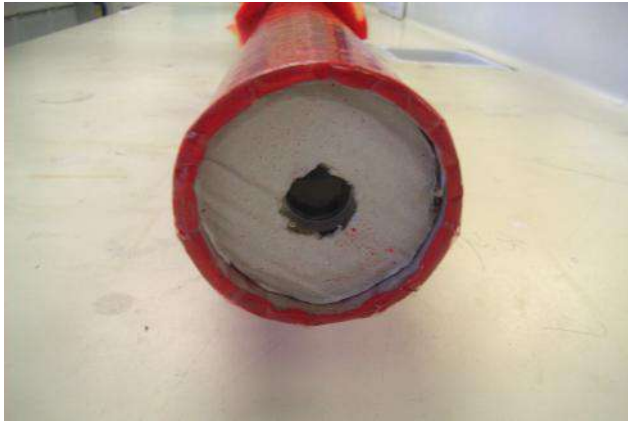


Fig. 8: Ocular adaptado al tubo del telescopio a presión

otro y deslizarlo hasta que la distancia entre las lentes sea aproximadamente de 90 cm.

¡Y ahora a observar! Si se quiere hacer observación astronómica conviene fijar el telescopio a un trípode. Para enfocar, habrá que desplazar ligeramente el tubo interior hasta conseguir una imagen nítida.

TELESCOPIO DE KEPLER (1611)

Tras haber visto un telescopio de Galileo, el astrónomo alemán Johannes Kepler diseñó un telescopio refractor ligeramente diferente.

El telescopio de Kepler (Fig. 9) utiliza dos lentes convergentes de distintas distancias focales. En nuestro caso, proponemos distancias focales $f_1 = 133$ cm y $f_2 = 5$ cm.

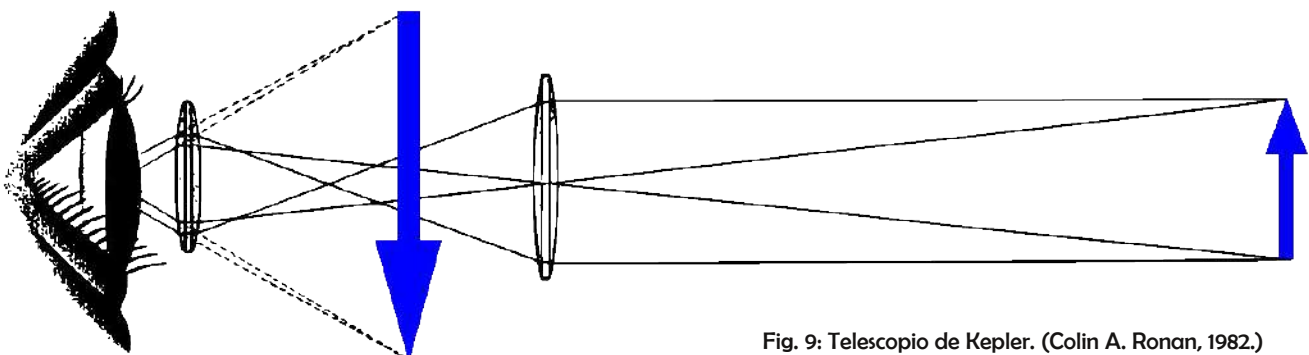


Fig. 9: Telescopio de Kepler. (Colin A. Ronan, 1982.)

El número de aumentos de este telescopio será:

$$133 \text{ cm} / 5 \text{ cm} = 26,6 \text{ aumentos}$$

En este tipo de telescopio, el campo abarcado es mayor que en el de Galileo pero posee el inconveniente de proporcionar una imagen invertida.

El material necesario para la construcción es:

Una lente convergente de + 0,75 dioptrías ($f_1 = 133$ cm) que se utilizará como objetivo. Se compra en una óptica. El diámetro puede oscilar entre 5 y 8 cm aproximadamente.

Como ocular utilizaremos una lupa el tipo cuenta-hilos (Fig. 10). Es una lente convergente con una distancia focal pequeña ($f_2 = 5$ cm). La

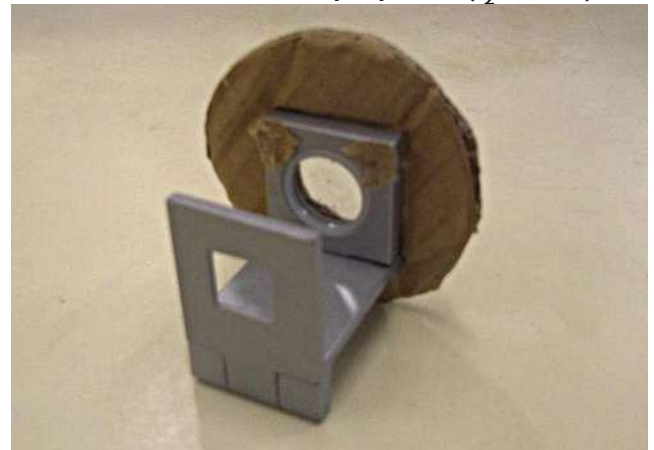


Fig. 10: Cuenta-hilos fijado a la corona circular de cartón.

ventaja de usar un cuenta-hilos como ocular es su precio. Puede comprarse en ópticas o en filatelias.

Los dos tubos resistentes de cartón de



Figura 11: Ocular listo para ser fijado a presión al tubo.

distinto diámetro son similares al telescopio de Galileo. Se cortan con sierra de metal a una longitud aproximada de 100 cm y 80 cm. El diámetro interno de los tubos debe ser algo superior al diámetro de las lentes.

Necesitaremos también una bayeta Spontex para encajar el tubo de menor diámetro dentro del otro, cinta adhesiva (p. ej. cinta americana) para fijar la esponja al tubo, pintura de color negro mate, cartón de cajas de embalaje, regla

milimetrada, compás, tijeras, y sierra de metal para cortar los tubos.

Para construirlo, la única diferencia respecto al telescopio de Galileo, es la fijación del cuenta-hilos como ocular. Se coloca en el tubo estrecho (Fig. 10 y 11), pegado al cartón con blu-tack.

Los tubos hay que ensamblarlos de tal manera que la distancia entre las lentes sea aproximadamente igual a la distancia focal del objetivo ($f_1 = 133$ cm).

Y ahora a enfocar, deslizando ligeramente el tubo pequeño, ¡¡ ya observar!!

Referencias bibliográficas

- Castillo, Raül. El cel a l'abast de tothom. 2003:

<http://www.xtec.es/~acosiall/personal/telescop.pdf>

- Colin A. Ronan. Els amants de l'astronomia. Editorial Blume. 1982.

Galileo Galilei
1564-1642



Johannes Kepler
1571-1630

Dirección de contacto:

Anicet Cosialls Manonelles. Institut Guindàvols
Carrer Eugeni d'Ors s/n. 25191 Lleida. Tel.: 973238047
e-mail: acosiall@xtec.cat anicetc@gmail.com