



GRADO EN FÍSICA

LABORATORIO DE FÍSICA III

CURSO 2015-2016 1^{er} CUATRIMESTRE

LABORATORIO DE ÓPTICA

PRÁCTICA: Visión y telescopios

1. Objetivos:

- Estudiar el funcionamiento de un ojo simulado. Entender los conceptos de máxima y mínima acomodación, miopía e hipermetropía.
- Entender la construcción de un telescopio y sus aplicaciones. Montar varios telescopios usando lentes y espejos. Estudiar sus aumentos.

2. Fundamentos físicos:

El ojo es un sistema óptico que permite ver objetos si la imagen de los mismos se forma en la retina. Para mejorar la visión directa se han desarrollado instrumentos ópticos que permiten ver el objeto más grande. Aquí estudiaremos el funcionamiento de un telescopio o, en el sentido más general, un sistema afocal, del que se puede decir que tiene focos situados en el infinito.

2.1 El ojo:

Podemos considerar muy simplificada el ojo como una lente convergente (que resume la actuación de la córnea más el cristalino) que forma imágenes sobre una pantalla, que sería la retina (Fig. 1). La imagen que se forma en la retina está invertida respecto al objeto.

La retina está formada por células sensibles a la luz, que reaccionan generando impulsos nerviosos que se envían al cerebro, donde se procesa esta información invirtiendo la imagen.

En esta figura puede verse que cuanto mayor es el ángulo de entrada ω de un rayo que entra por el centro del ojo (o la lente del ojo simulado) mayor es la imagen que se forma en la retina.

El ojo puede ver sin dificultad objetos situados a diferentes distancias, es decir, que sin modificar su tamaño puede formar una imagen nítida sobre la retina para distintas distancias objeto (en lenguaje vulgar decimos que el objeto está enfocado). El ojo debe tener por tanto una distancia focal variable para poder formar esas imágenes. Esto se consigue mediante la relajación o contracción de los músculos ciliares que hacen variar la curvatura del cristalino, con lo que varía su focal. A este fenómeno se le llama acomodación y se realiza de forma inconsciente.

El rango de distancias objeto para las que podemos formar una imagen nítida es limitado. Por un lado, podemos formar imagen de un objeto muy alejado (es decir, $s = -\infty$). Esto se consigue con el ojo completamente relajado ("sin acomodar"). Por otro lado, no nos es posible ver con claridad un objeto excesivamente próximo. El punto más cercano al ojo en el que podemos colocar un objeto para verlo nítidamente se denomina punto próximo. Éste será el punto en el que la lente del ojo esté en máxima

acomodación y su localización depende de la persona y la edad. Por convenio se fija la posición del punto próximo a $s = a_0 = -250$ mm.

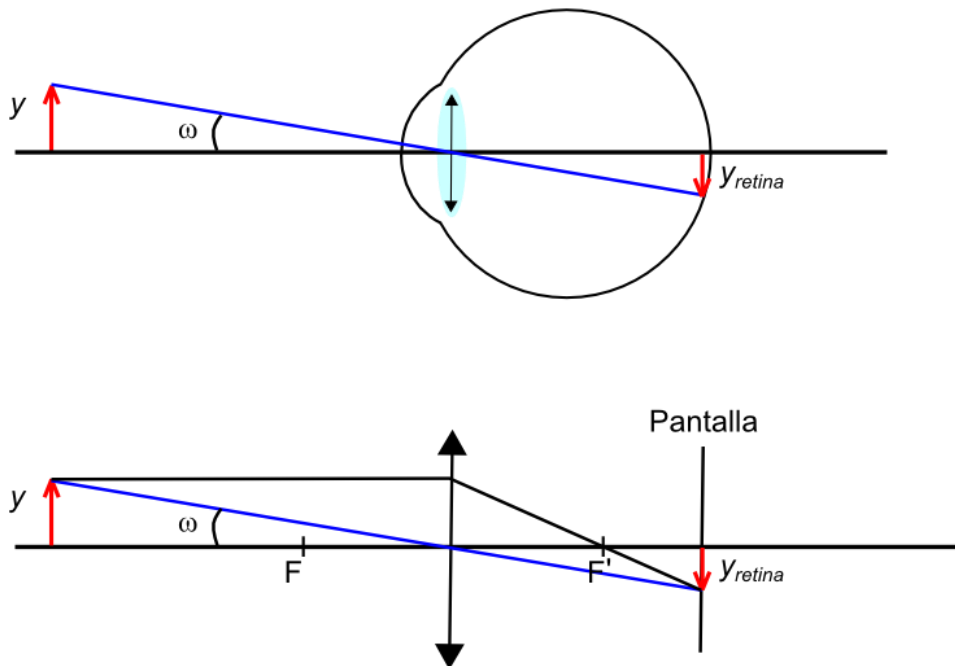


Figura 1. Esquema comparativo para el ojo simulado

El ojo normal (llamado también como ojo emétrepe) es aquel que enfoca sin acomodación sobre la retina la imagen de un objeto situado en el infinito. El ojo afectado por ametropía no enfoca la imagen en el plano de la retina: en el caso de la miopía o la hipermetropía el punto imagen del infinito se encuentra antes o después del plano de la retina, respectivamente. Para corregir las ametropías se usan las gafas o lentes de contacto de distancias focales adecuadas.

2.2 Aumento visual

Podemos definir el aumento visual de un instrumento óptico (I.O.) como el cociente entre los tamaños de la imagen en la retina con y sin instrumento de visión o equivalentemente como el cociente de las tangentes de los ángulos bajo los cuales el ojo ve el objeto con y sin instrumento (Fig. 2)

$$M = \frac{y'_{con}}{y'_{sin}} = \frac{\text{tg}\omega_{con}}{\text{tg}\omega_{sin}} \quad (1)$$

donde y'_{con} es el tamaño de la imagen en la retina con instrumento e y'_{sin} sin instrumento.

A nivel teórico es posible calcular el aumento. Éste dependerá de las circunstancias de observación, es decir, de las distancias entre objeto-ojo, objeto-instrumento e instrumento-ojo, por lo que será necesario fijarlas antes de calcular el aumento.

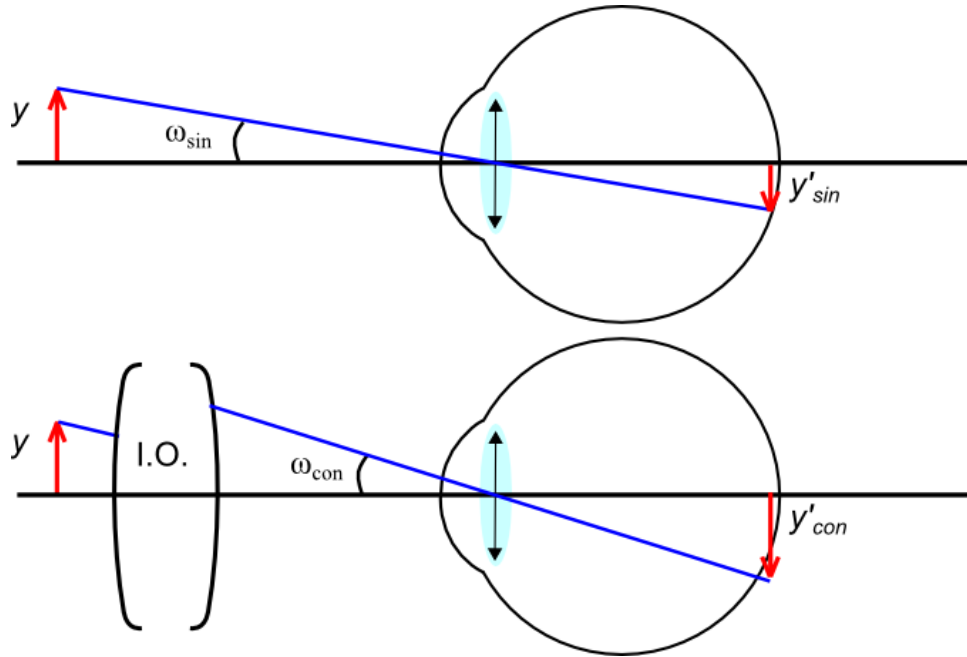


Figura 2. Observación sin instrumento (objeto y , imagen y'_{sin}) y con instrumento (objeto y , imagen y'_{con}).

2.3 Observación de objetos lejanos: telescopio

Los anteojos o telescopios son instrumentos que se utiliza para observar objetos lejanos. Idealmente se considera que el objeto está en el infinito, por lo que sin instrumento el ojo emétrope observa sin acomodación. Cuando se observa con instrumento también se desea que el ojo observe sin acomodación, por comodidad para el observador. Los anteojos son sistemas afocales formados principalmente por dos elementos: objetivo y ocular. La idea es que el ángulo ω con el que inciden los rayos procedentes del infinito (el tamaño real del objeto en el infinito) es modificado por el anteojo (ω'), haciéndolo mayor, con lo que su tamaño aparente (determinado por el ángulo con que los rayos inciden en la retina del ojo) es grande. En tal caso el aumento visual de un anteojo viene dado por

$$M = \frac{tg\omega'}{tg\omega} = -\frac{f'_{ob}}{f'_{oc}}, \quad (2)$$

donde f'_{ob} y f'_{oc} son las distancias focales imagen del objetivo y el ocular respectivamente.

Podemos construir un anteojo (llamado anteojo astronómico o de Kepler) con una lente convergente funcionando de objetivo y otra convergente de ocular tal y como se muestra en la Fig. 3.

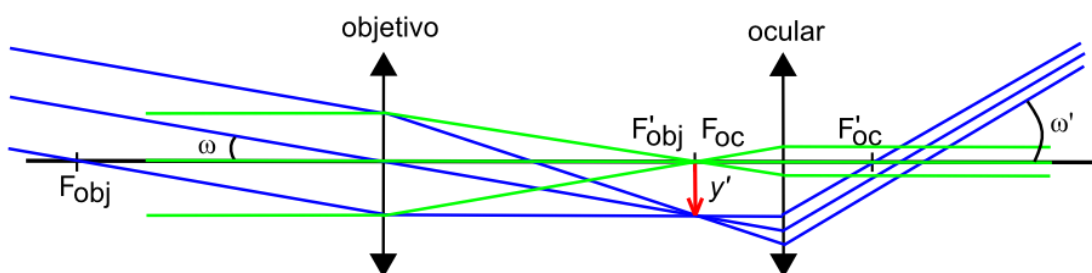


Figura 3. Anteojo astronómico de Kepler.

Existen otros tipos de anteojos, por ejemplo:

- anteojo de Galileo, que está formado por un objetivo convergente y un ocular divergente;
- anteojo reflector de Newton, cuyo objetivo está formado por un espejo cóncavo para recoger la luz y un espejo plano para redirigirla al ocular situado en el plano perpendicular al plano del primer espejo.

2.4 Expansores/reductores de haz

Los sistemas afocales se usan no solo para la observación de objetos lejanos. Son los elementos comunes en diferentes equipos ópticos que permiten cambiar el tamaño del haz para que puede entrar, por ejemplo, en el detector de la cámara. Nótese que usamos un expansor de haz en la práctica *Difracción por varios objetos*. El aumento del tamaño del haz es inverso al aumento visual del sistema afocal como podemos deducir analizando la trayectoria de los rayos azules en la Fig. 3.

3. Método experimental

La práctica se realiza tanto en el banco óptico como en el kit 2D. Antes de realizar cada una de las series de medidas deben alinearse todas las lentes, el objeto y el ojo simulado lateralmente y en altura. Algunos valores de las distancias focales figuran en las monturas de las lentes. Sus valores pueden comprobarse rápidamente usando el método de auto-colimación que se encuentra en el guión de la práctica de Lentes y Sistemas de Lentes. Se asume que todas las lentes tanto en el banco como en el kit son delgadas. Para hacer medidas en el kit se dispone un transportador de ángulos y una regla.

Debido a la dificultad para conseguir una lente de focal variable, en la práctica se simulará un ojo que sólo puede alcanzar las dos posiciones extremas: observación sin acomodación y observación en máxima acomodación. Para ello en los experimentos en el banco óptico se utilizarán dos lentes intercambiables, siendo fija la distancia entre la lente (córnea más cristalino) y la pantalla (retina).

4. Bibliografía:

- [1] P.M. Mejías Arias y R. Martínez Herrero, *Óptica Geométrica* (Síntesis, Madrid, 1999)
- [2] M. Sagrario Millán, J. Escofet y E. Pérez, *Óptica Geométrica* (Ariel Ciencia, Barcelona, 2003)
- [3] J. Casas, *Óptica* (Ed. Librería General, Zaragoza, 1994)
- [4] L. Pedrotti, F. L. Pedrotti, *Introduction to Optics* (Prentice Hall, Englewood Cliffs (EEUU), 1993)

Plantilla

El informe de esta práctica debe contener única y exclusivamente las respuestas solicitadas en esta plantilla. En esta plantilla no debe calcular las incertidumbres de los resultados.

Ojo simulado en el kit 2D

- En el kit 2D construya un ojo normal usando la lente 1 y determine su distancia focal imagen.
- Construya un ojo miope usando la lente 2 y determina su distancia focal imagen.
- Encuentre la lente adecuada para compensar la miopía y determine su distancia focal imagen. Explique el procedimiento.

Ojo simulado en el banco

- Teniendo en cuenta las focales de las lentes en el ojo simulado y la distancia lente-pantalla (tamaño del ojo), identifique las lentes que servirían para simular un ojo sin acomodación y otro en máxima acomodación. Justifique la elección.
- Calcule el valor del punto próximo a_0 para este ojo y compárelo con el valor experimental.

Construcción de anteojos y expansores de haz en el kit

- Con el kit 2D construya un anteojo astronómico de Kepler y determine su aumento visual experimentalmente. Apunte las lentes usadas indicando cuál hace de objetivo y cuál de ocular. Para poder usar este sistema como expansor/reductor del haz determine el aumento del tamaño del haz y compárelo con el aumento visual.
- Con el kit 2D construya un anteojo de Galileo y determine su aumento visual experimentalmente. Apunte las lentes usadas. Haga el trazado de dos rayos: uno paralelo al eje óptico y otro inclinado indicando las posiciones de los planos focales de las lentes usadas
- Con el kit 2D construya un anteojo de Newton y determine su aumento visual experimentalmente. Apunte la lente usada. Haga el trazado de un rayo paralelo al eje óptico indicando las posiciones de los planos focales de los elementos usados.

Construcción de anteojo astronómico en el banco óptico

- Para probar el funcionamiento del anteojo astronómico con el ojo simulado en el banco óptico se necesita tener un objeto en el infinito y para ello utilizará la diapositiva y la lente B.
- Construya un anteojo astronómico con la lente C y la lente A. Especifique cuál será el objetivo y cuál el ocular. Indique la separación entre objetivo y ocular.
- Obtenga el aumento visual experimental del anteojo para un objeto dado y compárelo con el obtenido con la ecuación (2). Indique el tamaño y orientación de la imagen en la retina con y sin instrumento.

Estudio de anteojo comercial

- Estudia la construcción del anteojo comercial usado en la práctica *Espectroscopia*: número de lentes que forman el objetivo y ocular, otros elementos si hay, etc. Determine qué tipo de anteojo es.
- Determine la distancia focal del objetivo. Indique la posición del retículo con respecto al plano del ocular para un ojo normal que observa sin acomodación. Razónelo. Indique en qué dirección tiene

que ser desplazado el retículo para un ojo hipermetrope. Hacer para ojo hipermetrope el trazado de un rayo paralelo al eje óptico, indicando las posiciones de los planos focales del objetivo y el ocular.

5. Quiero saber más

Sí quieres saber más sobre el diseño, funcionamiento y aplicaciones de los telescopios consulta la bibliografía recomendada y los sitios web dedicados a

- preguntas frecuentes

<http://amazing-space.stsci.edu/resources/explorations/groundup/teacher/sciencebackground.html#1>

- telescopio de Palomar (San Diego, California)

<http://www.astro.caltech.edu/palomar/about/telescopes.html>

- gran telescopio Canarias (La Palma, Islas Canarias)

<http://www.gtc.iac.es/>,

- telescopio orbital Hubble

http://es.wikipedia.org/wiki/Telescopio_especial_Hubble

- radio telescopios

<http://www.vla.nrao.edu/>.