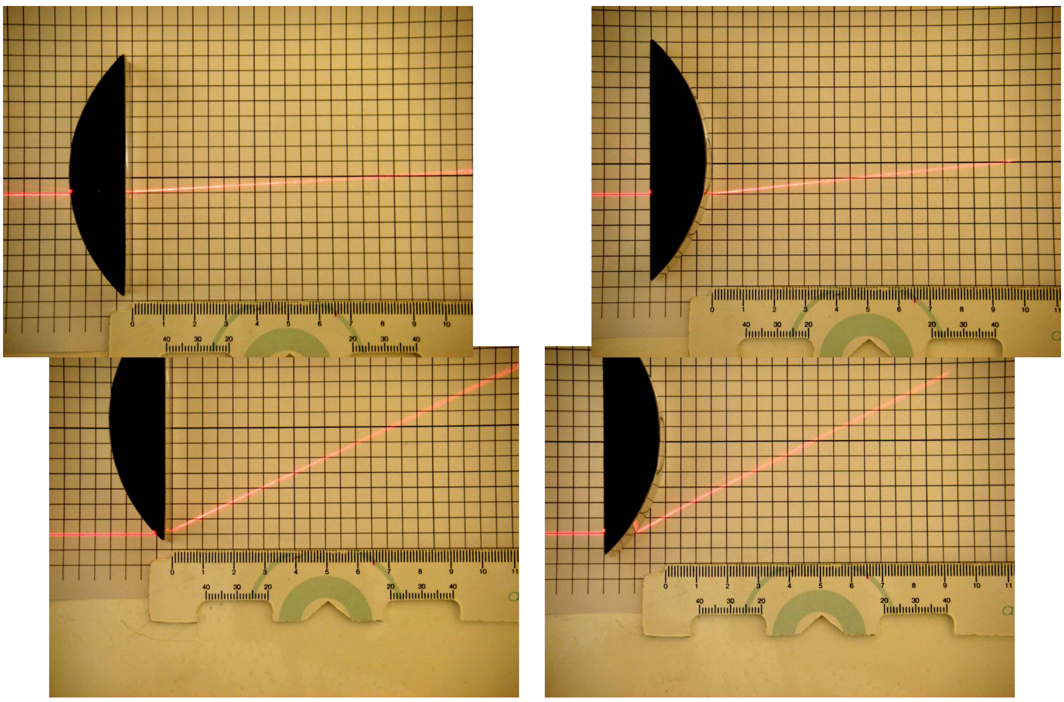
PRÀCTICA 9

ESTUDI DE L'ABERRACIÓ ESFÉRICA D'UNA LENT PRIMA



1. MATERIAL

Font de llum (díode làser), càmera fotogràfica digital, ordinador personal, lent equiconvexa d'índex n = 1,50, regle, paper quadriculat, trípode, pinces i anous.

2. OBJECTIU

Observar l'aberració esfèrica produïda per una lent prima y obtindre quantitativament el valor de l'aberració esfèrica longitudinal.

3. INTRODUCCIÓ TEÒRICA

Suposem un punt objecte situat sobre l'eix òptic del sistema. El feix de rajos que incidix sobre el sistema molt prop de l'eix òptic focalitza sobre la imatge paraxial, O'_p. En general qualsevol altre feix de rajos que incidisca a una altura, *h*, de l'eix òptic, després de passar pel sistema, talla a l'eix òptic en un punt de l'eix O'_h que no coincidirà amb la imatge paraxial. En este cas, es diu que el sistema òptic presenta aberració esfèrica.

A la distància entre la imatge obtinguda en la zona paraxial i la proporcionada pel con de rajos d'angle *s*, se li denomina aberració esfèrica longitudinal (*AEL*). L'aberració esfèrica transversal (*AET*) és la grandària de la taca de llum obtinguda en el pla imatge paraxial (figura 1).

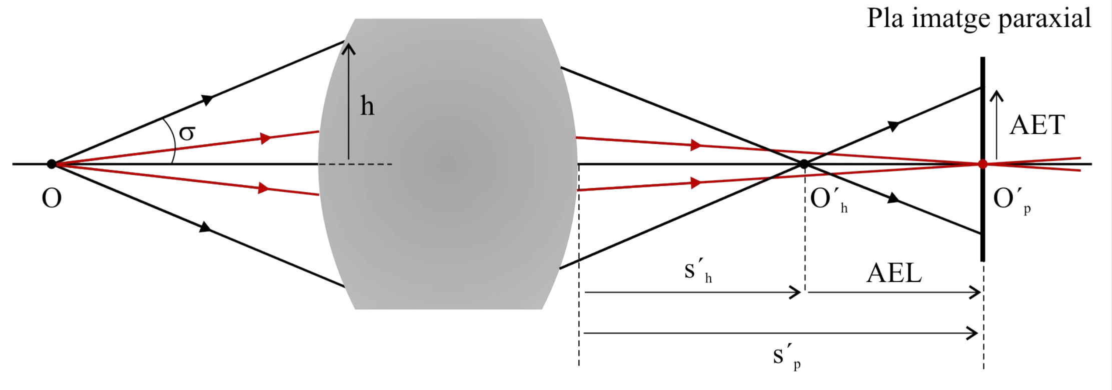


Figura 1

L'aberració esfèrica es sol representar en un sistema cartesià. En ordenades representarem l'altura d'incidència o l'angle d'obertura, i en abscisses el valor de l'aberració esfèrica longitudinal (figura 2).

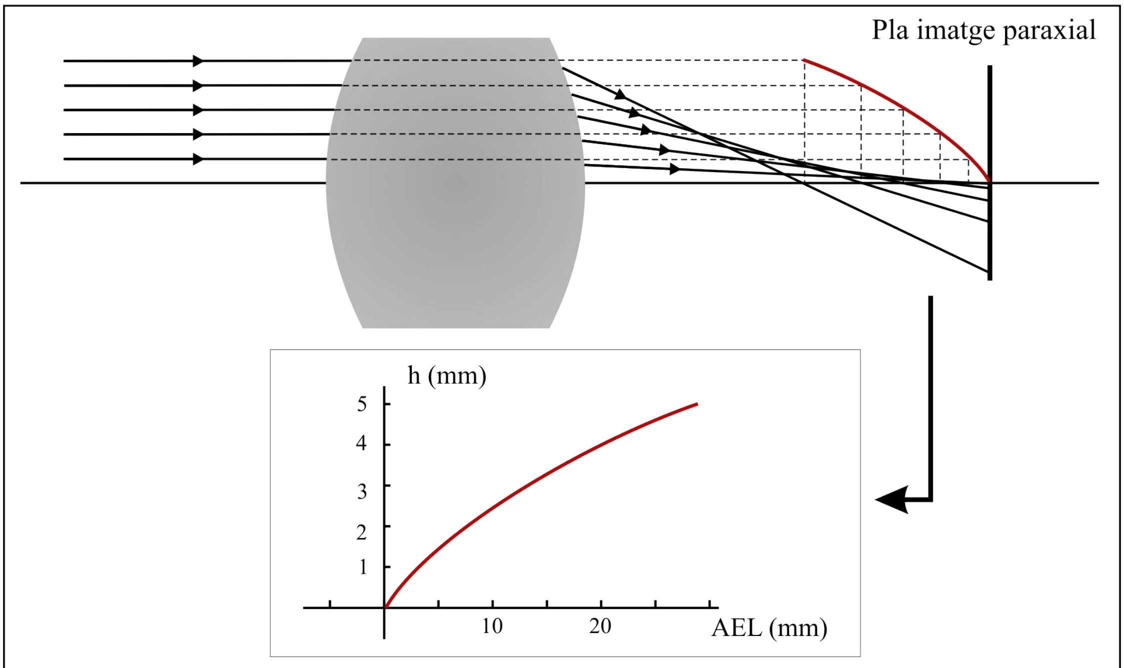


Figura 2

És interessant observar que una mateixa lent prima presenta valors diferents d'aberració esfèrica segons la posició de l'objecte. De manera semblant, per a un objecte determinat, la forma de la lent també fa variar l'aberració esfèrica present en la imatge. A fi d'especificar estos dos paràmetres (posició de l'objecte i forma de la lent), es poden triar diferents variables. Les més adequades, ja que donen lloc a unes equacions més senzilles, són el factor de posició i el factor de forma, proposats per Henry Coddington.

Factor de posició: $$p = \frac{s'_p + s}{s'_p - s}$$

Factor de forma: $$q = \frac{r_2 + r_1}{r_2 - r_1}$$

on s i s'_p són les posicions de l'objecte i la imatge paraxial i r_1 i r_2 els radis de curvatura de les cares de la lent.

L'aberració esfèrica també se sol quantificar en diòptries per mitjà de la quantitat L_s,

$$L_s = \frac{1}{s'_h} - \frac{1}{s'_p}$$

i en aproximació de tercer ordre, la quantitat L_S pot calcular-se mitjaçant una expressió que depén de les característiques de la lent (n, f', q), de la posició de l'objecte (p) i de l'altura d'incidència (h):

$$L_s = \frac{h^2}{8f'^3}\frac{1}{n(n-1)}\left[\frac{n+2}{n-1}q^2 + 4(n+1)pq + (3n+2)(n-1)p^2 + \frac{n^3}{n-1}\right]$$

Per al cas particular, que estudiarem en esta pràctica, d'una lent equiconvexa ($q = 0$) i amb objecte en infinit ($p = -1$) l'aberració esfèrica quedaria:

$$L_s = h^2\left[\frac{(3n+2)(n-1) + \dfrac{n^3}{n-1}}{8f'^3 n(n-1)}\right] = mh^2$$

on s'observa clarament la relació lineal entre el quadrat de l'altura d'incidència i la magnitud L_s.

4. MÈTODE

Es munta el dispositiu tal i com es mostra en la figura 3, tenint present que l'objectiu de la càmera quede perpendicular al sistema a fotografiar.

A continuació, hem d'aconseguir determinar l'eix del sistema. Per a això es fa incidir el feix sobre la lent de tal forma que tal feix se situe sobre una mateixa línia horitzontal del paper quadriculat, tant a l'entrada com a l'eixida de la lent (figura 4).

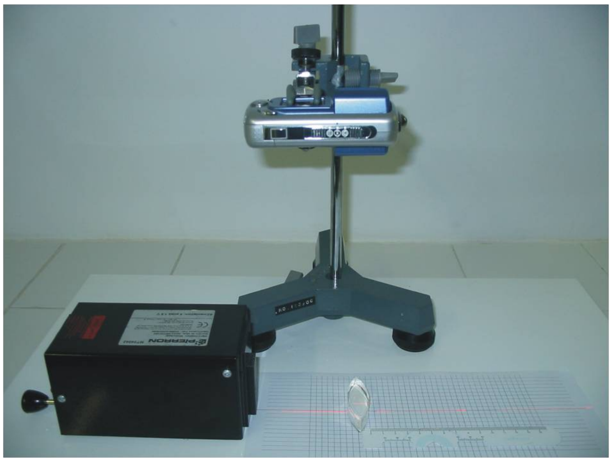


Figura 3

Sense canviar la direcció del feix d'entrada es mou perpendicularment, respecte tal feix, el conjunt lent+paper quadriculat+regle, fins a aconseguir novament que el feix incident se situe sobre una de les línies horitzontals del paper (amb una separació entre elles de 0.5 cm). Farem una fotografia per a cada una de les posicions del feix entrant (figura 5).

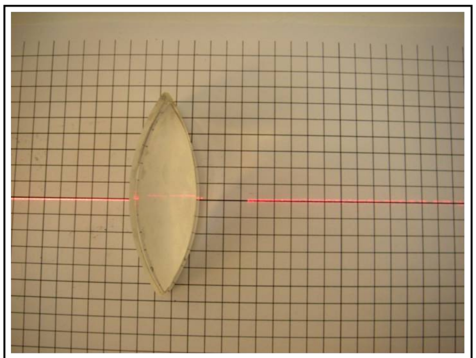


Figura 4

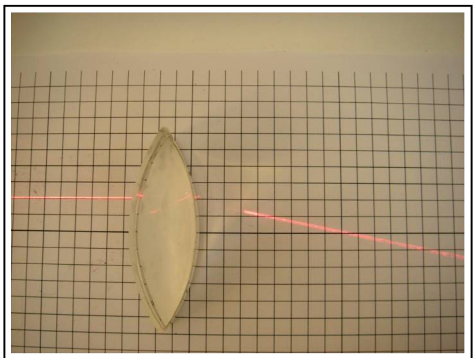


Figura 5

Mesurarem, sobre el regle, la distància a la qual talla el raig d'eixida a l'eix òptic (s'_h), i farem mesures per a cinc altures d'incidència diferents.

A partir de les distàncies anteriors, es determina la magnitud L_s i es representa en funció del quadrat de les altures d'incidència. Comprovarem que la relació entre ambdós magnituds és lineal si les altures d'incidència són xicotetes.

Si es desitgen comprovar els resultats, pot fer-se servir el full de càlcul *Aberració esfèrica.* La pràctica també pot veure's en obrint les arxius en format .swf: *Esfèrica. Introducciò teòrica* y *Esfèrica.Pràctica*.