Óptica xeométrica

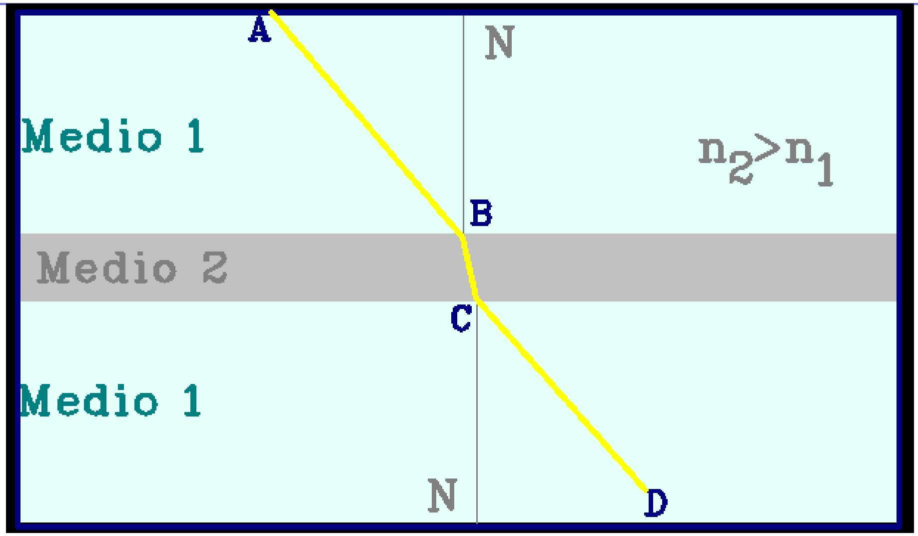
- É o estudo do comportamento dun raio de luz cando atravesa a superficie de separación entre diferentes medios que son transparentes, homoxéneos e isótropos.
- Un conxunto de superficies de forma sinxela que separa distintos medios con distinto índice de refración forman o que chamamos <u>sistema óptico</u>.
- O <u>sistema óptico</u> máis simple denómína-se <u>dioptro</u> e é o constituído por dous medios transparentes, homoxéneos e isótropos de distinto índice de refración, separados por unha superficie que non reflete a luz.

Óptica xeométrica

Imos aceitar os seguintes presupostos:

1. Nos medios transparentes, homoxéneos e isótropos, a luz propága-se en liña reta.
2. Os raios de luz dan comprimento ás leis da reflexión e da refración.
3. O camiño seguido polos raios non depende do sentido.

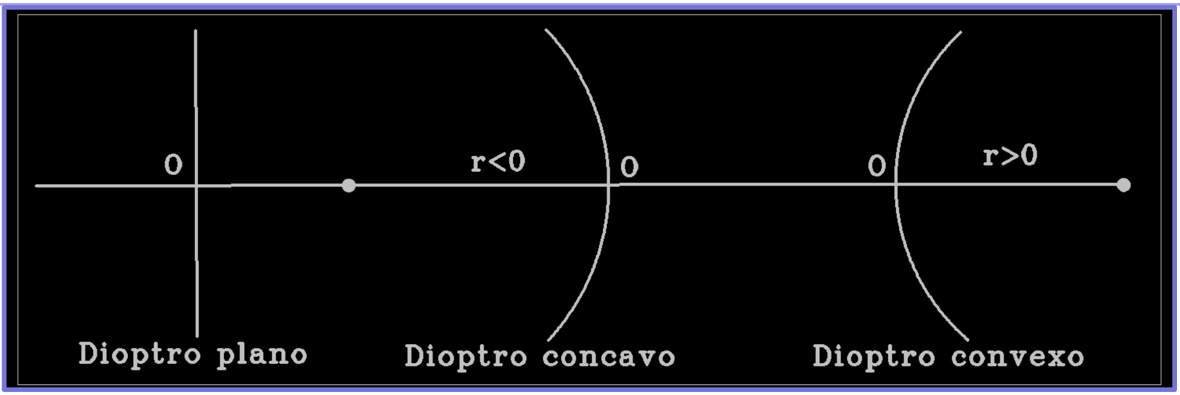
Na figura se o raio vai de A a D, pasando por B e C, de D a A pasaría tamén Por C e B.



Óptica xeométrica

- Dioptro: sistema óptico sinxelo constituído por unha superficie que separa dous medios de distinto índice de refración.
- En función da forma da superficie, o dioptro pode ser:

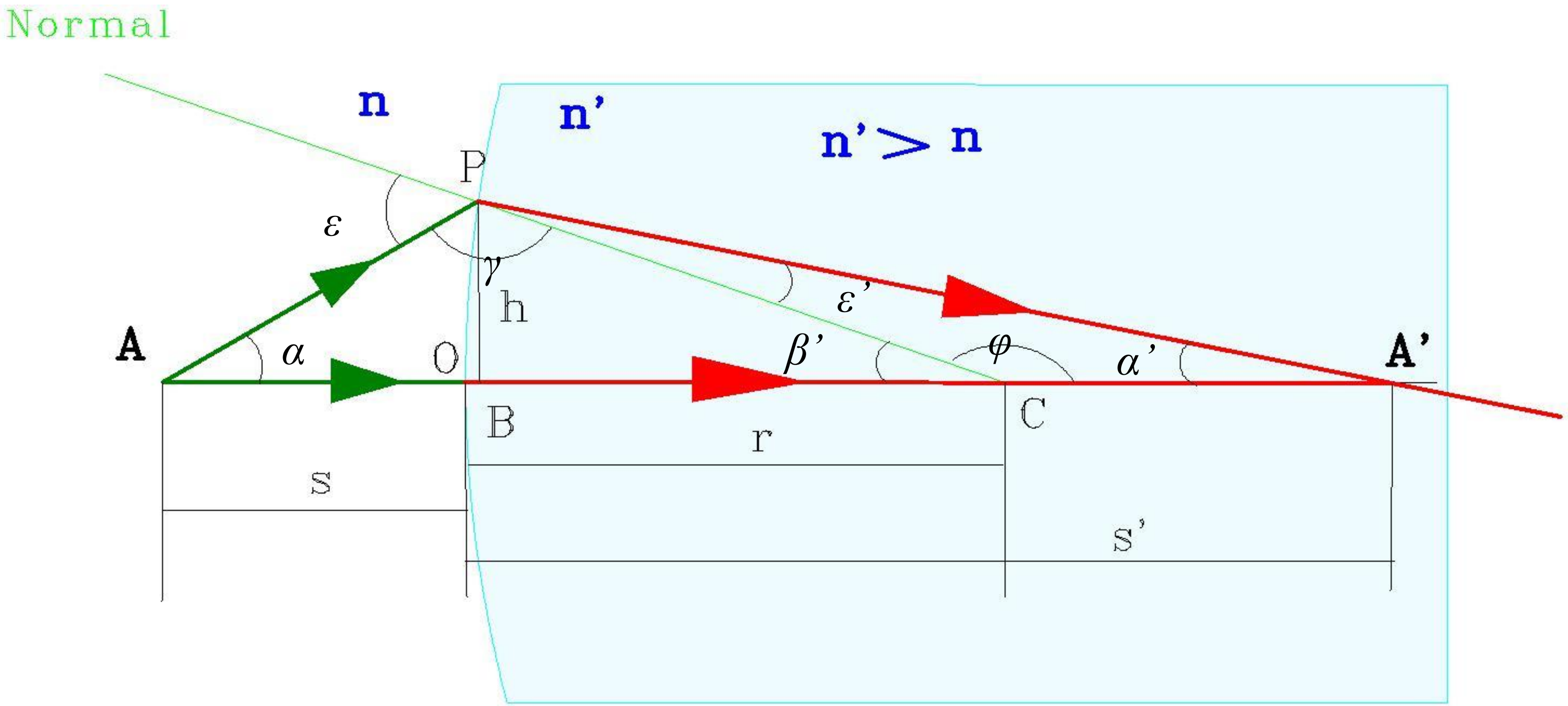
1) Plano: si a superficie é reta,
2) Esférico: si a superficie é curva. Neste caso o dioptro pode ser cóncavo ou convexo.



Óptica xeométrica:normas DIN

1) As figuras debuxan-se de xeito que o raio incidente procede da esquerda e propága-se cara á dereita.
2) As distancias representan-se con letras minusculas, e os pontos con letras maiusculas. Para os ángulos utilízan-se letras do alfabeto grego.
3) As letras que se refiren á imaxe, acompáñanse co “prima”.
4) A orixe de coordenadas é o vértice do dioptro: ponto O. O eixe OX é o eixe óptico. O ponto C é o centro de curvatura do dioptro.
5) As distancias horizontais son positivas hacia a dereita e negativas hacia a esquerda.
6) As distancias verticais son positivas hacia arriba e negativas hacia abaixo.
7) Os ángulos de incidencia, reflexión e refración dun raio, son positivos se para facer coincidir o raio coa normal polo camiño máis curto hai que xira-los en sentido horario. No caso contrario o ángulo é negativo.
8) O ángulo formado polo raio ou pola normal co eixe óptico é positivo se para facer coincidir o raio ou a normal co eixe óptico polo camiño máis curto hai que facer un xiro en sentido antihorario. No caso contrario o ángulo é negativo.

Óptica xeométrica:normas DIN



Na figura as distancias **r** e **s'** son positivas e **s** é negativa.
Os ángulos **ε** e **ε'** son positivos.
Os ángulos **β'** e **α'** son positivos, e **α** é negativo.

Ecuación fundamental do dioptro esférico

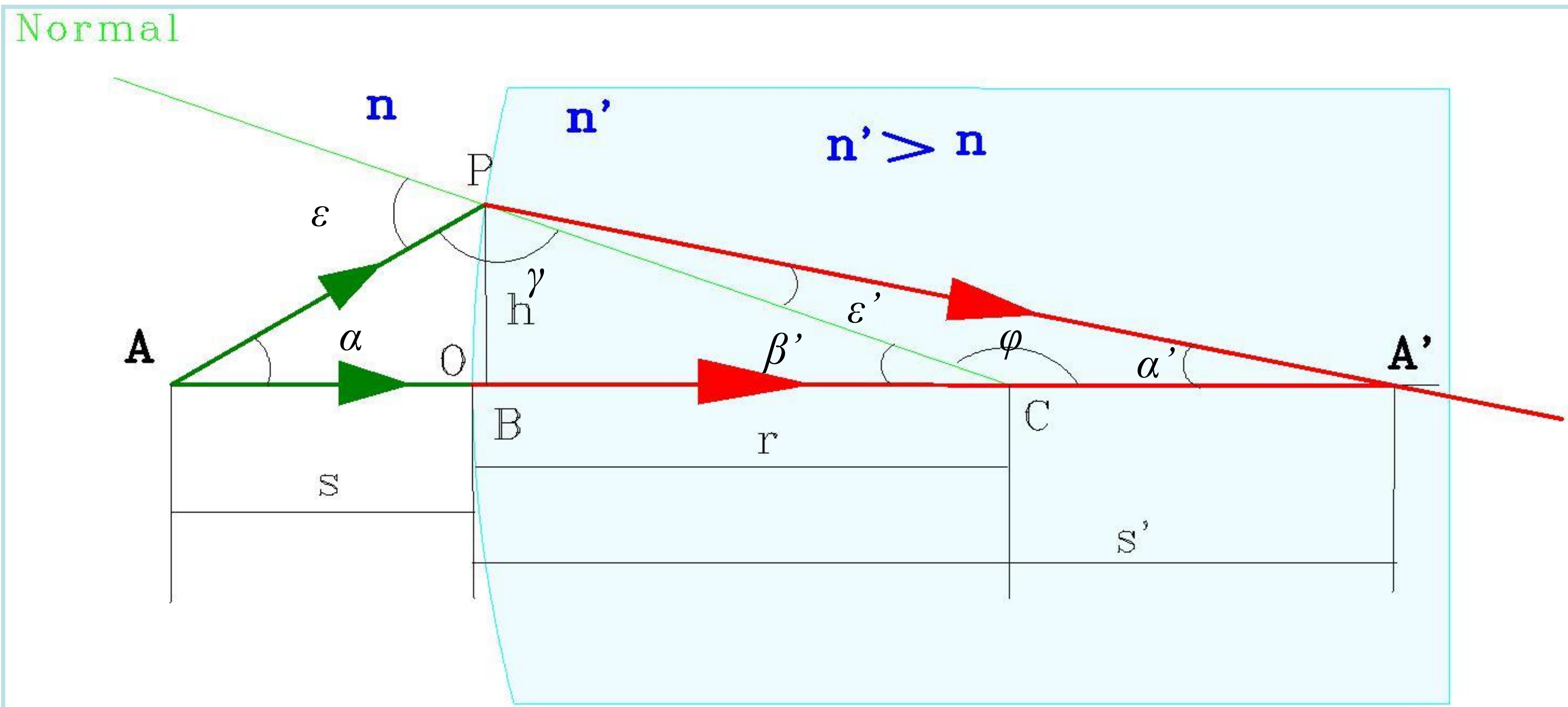
- Imos resolver o problema para un dioptro esférico, **convexo** (r > 0), de centro en **C** , e vértice **O** .
- A superficie separa dous medios de índices **n** e **n’** e ademais n’ > n.
- Polo tanto o raio refratado achegará-se á normal.

Aplicando a lei de Snell para a refracción para raios paraxiais:

$$n.sen\,\hat{i} = n'.sen\,\hat{r} \rightarrow n.sen\,\hat{\varepsilon} = n'.sen\,\hat{\varepsilon}' \rightarrow$$

$$n.\hat{\varepsilon} = n'.\hat{\varepsilon}' \qquad (1)$$

Marcha dos raios



No triángulo A’PC cúmpre-se:

$$|\varepsilon'|+|\alpha'|+|\varphi|=180^{o}$$

$$|\beta'|+|\varphi|=180^{o}$$

$$|\varepsilon'|+|\alpha'|=|\beta'|\rightarrow\varepsilon'+\alpha'=\beta'$$

(onde os tres ángulos son positivos)

$$\boxed{\varepsilon'=\beta'-\alpha'} \quad (2)$$

No triángulo APC cúmpre-se:

$$|\alpha| + |\beta'| + |\gamma| = 180^{o}$$

$$|\varepsilon| + |\gamma| = 180^{o}$$

$$|\alpha| + |\beta'| = |\varepsilon| \rightarrow -\alpha + \beta' = \varepsilon$$

(α é negativo, e β’ e ε son positivos)

$$\boxed{\varepsilon = \beta' - \alpha} \quad (3)$$

E agora, combinando (1), (2) e (3)

$$n.(\beta' - \alpha) = n'.(\beta' - \alpha')$$

Si os raios son paraxiais

$$tx\,\alpha = \alpha = \frac{h}{s} \quad , \quad tx\,\beta' = \beta' = \frac{h}{r} \quad , \quad tx\,\alpha' = \alpha' = \frac{h}{s'}$$

e si sustituímos na ecuación anterior:

$$n\left(\frac{h}{r} - \frac{h}{s}\right) = n'\left(\frac{h}{r} - \frac{h}{s'}\right) \rightarrow \boxed{n\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s}\right) = n'\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s'}\right)}$$

da que podemos obter :

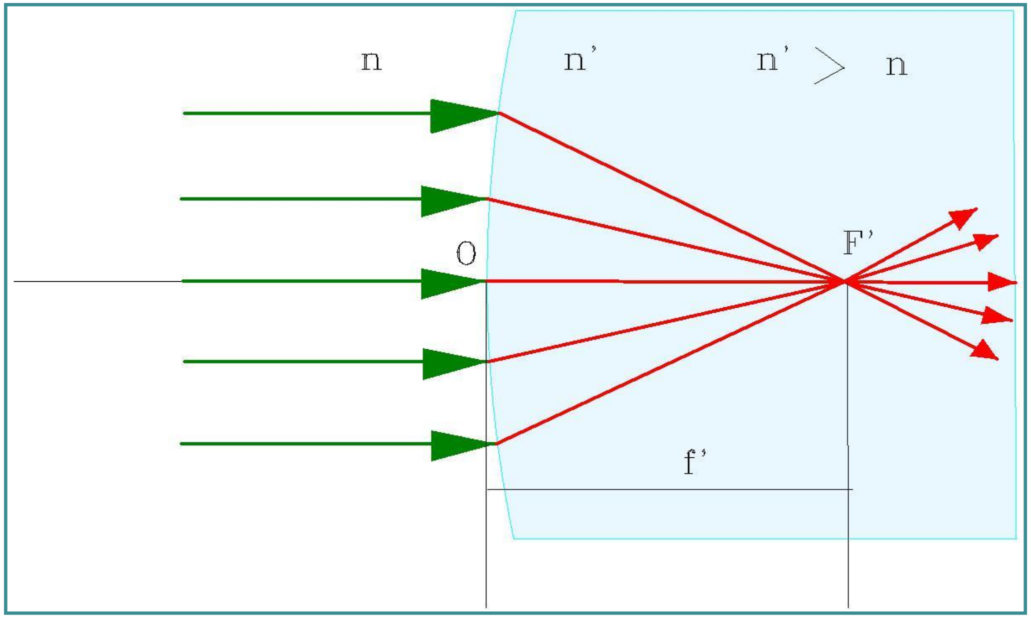
$$\frac{n'}{s'}-\frac{n}{s}=\frac{n'-n}{r}$$

Ecuación fundamental do dioptro esférico

Focos e distancias focais

- <u>Foco imaxe</u> (F′) e <u>distancia focal imaxe</u> (f′)

É o ponto do eixe óptico no que se cortan os raios que chegan paralelos.

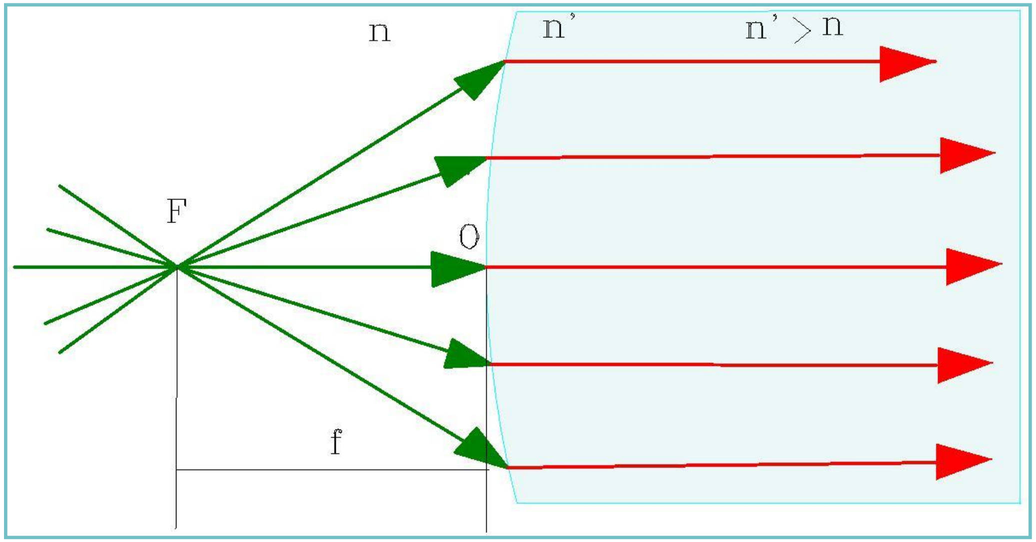


$$\frac{n'}{f'} - \frac{n}{-\infty} = \frac{n'-n}{r} \rightarrow$$

$$f' = r \cdot \frac{n'}{n'-n}$$

- <u>Foco obxecto</u> (F) e <u>distancia focal obxecto</u> (f)

É o ponto do eixe óptico do que deben partir os raios, para saír paralelos.



$$\frac{n'}{\infty}-\frac{n}{f}=\frac{n'-n}{r}\rightarrow$$

$$f=-r\cdot\frac{n}{n'-n}$$

Relacións entre f' e f

- Se dividimos f' entre f:

$$\frac{f'}{f} = -\frac{\frac{r \cdot n'}{n'-n}}{\frac{r \cdot n}{n \cdot' - n}} \quad \rightarrow \quad \boxed{\boldsymbol{\frac{f'}{f} = -\frac{n'}{n}}}$$

- Se sumamos f' e f:

$$f' + f = r \cdot \frac{n'}{n'-n} - r \cdot \frac{n}{n'-n} = r\left(\frac{n'-n}{n'-n}\right) \rightarrow$$

$$\boxed{\boldsymbol{f' + f = r}}$$

Relacións entre f' e f e as distancias obxecto (s) e imaxe (s')

- Dividimos a ecuación do dioptro por $\frac{n'-n}{r}$

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n'-n}{r} \rightarrow \frac{\frac{n'}{s'}}{\frac{n'-n}{r}} - \frac{\frac{n}{s}}{\frac{n'-n}{r}} = 1 \rightarrow \frac{r \cdot n'}{(n'-n) \cdot s'} - \frac{r \cdot n}{(n'-n) \cdot s} = 1$$

- Como vimos antes:

$$f' = \frac{r \cdot n'}{n'-n}$$

$$f = \frac{r \cdot n}{n'-n}$$

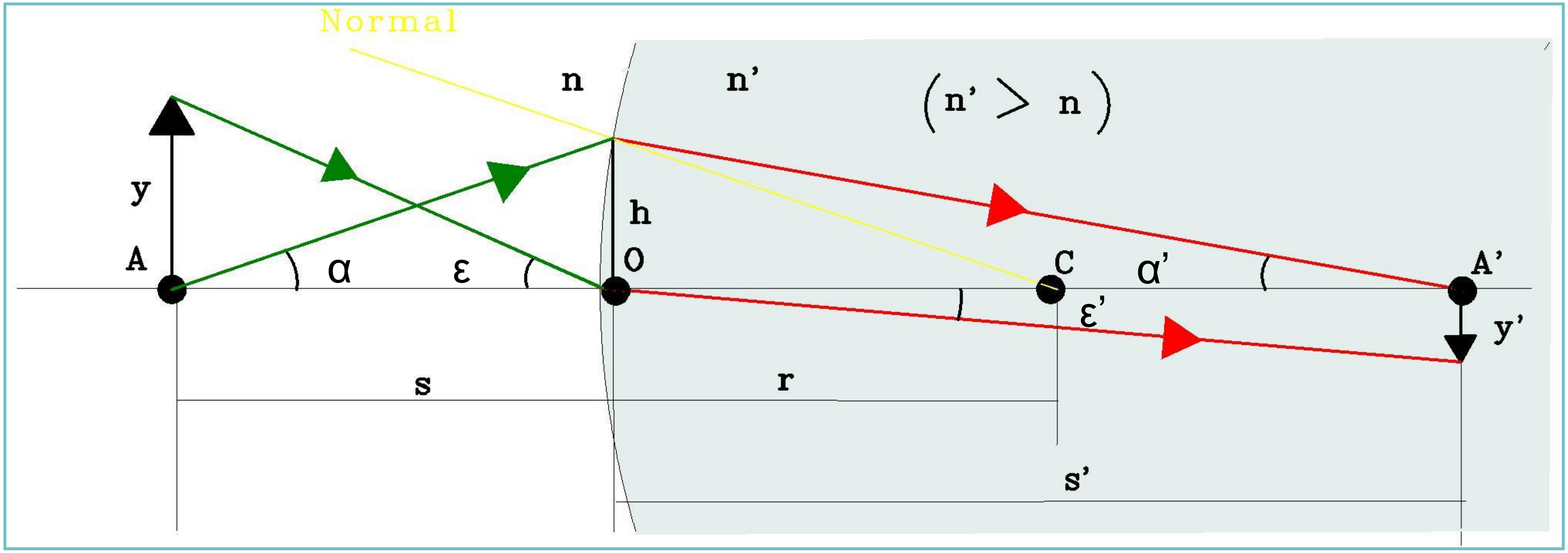
e sustituíndo obtemos:

$$\boxed{\frac{f'}{s'} + \frac{f}{s} = 1}$$

Formula de Gauss

Aumento Lateral (A_L)

É a variación de tamaño que experimenta a imaxe en relación co obxecto



Lembremos que para raios paraxiais: $tx\,\varepsilon = sen\,\varepsilon = \dfrac{y}{s}$ e $tx\,\varepsilon' = sen\,\varepsilon' = \dfrac{y'}{s'}$

E agora coa lei de Snell:

$$n.sen\,\varepsilon = n'.sen\,\varepsilon' \rightarrow n.\frac{y}{s} = n'.\frac{y'}{s'} \rightarrow \qquad A_L = \frac{y'}{y} = \frac{n.s'}{n'.s}$$

Aumento Angular

Na mesma figura, para raios paraxiais, podemos observar que:

$$tx\,\alpha = sen\,\alpha = \alpha = \frac{h}{s} \quad , \quad tx\,\alpha' = sen\,\alpha' = \alpha' = \frac{h}{s'}$$

$$Aumento\ angular = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{s}{s'}$$

O aumento angular define a relación entre o ángulo que forman co eixe óptico o raio incidente e o raio refratado

Ecuación de Helmhotz

Si relacionamos as expresións de aumento angular e aumento lineal:

$$\left.\begin{aligned} Aumento\ lineal &= \frac{y'}{y} = \frac{n.s'}{n'.s} \\ Aumento\ angular &= \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{s}{s'} \end{aligned}\right\} \quad \frac{y'}{y} = \frac{\alpha}{\alpha'} \cdot \frac{n}{n'}$$

$$\boxed{y'.\alpha'.n' = y.\alpha.n}$$

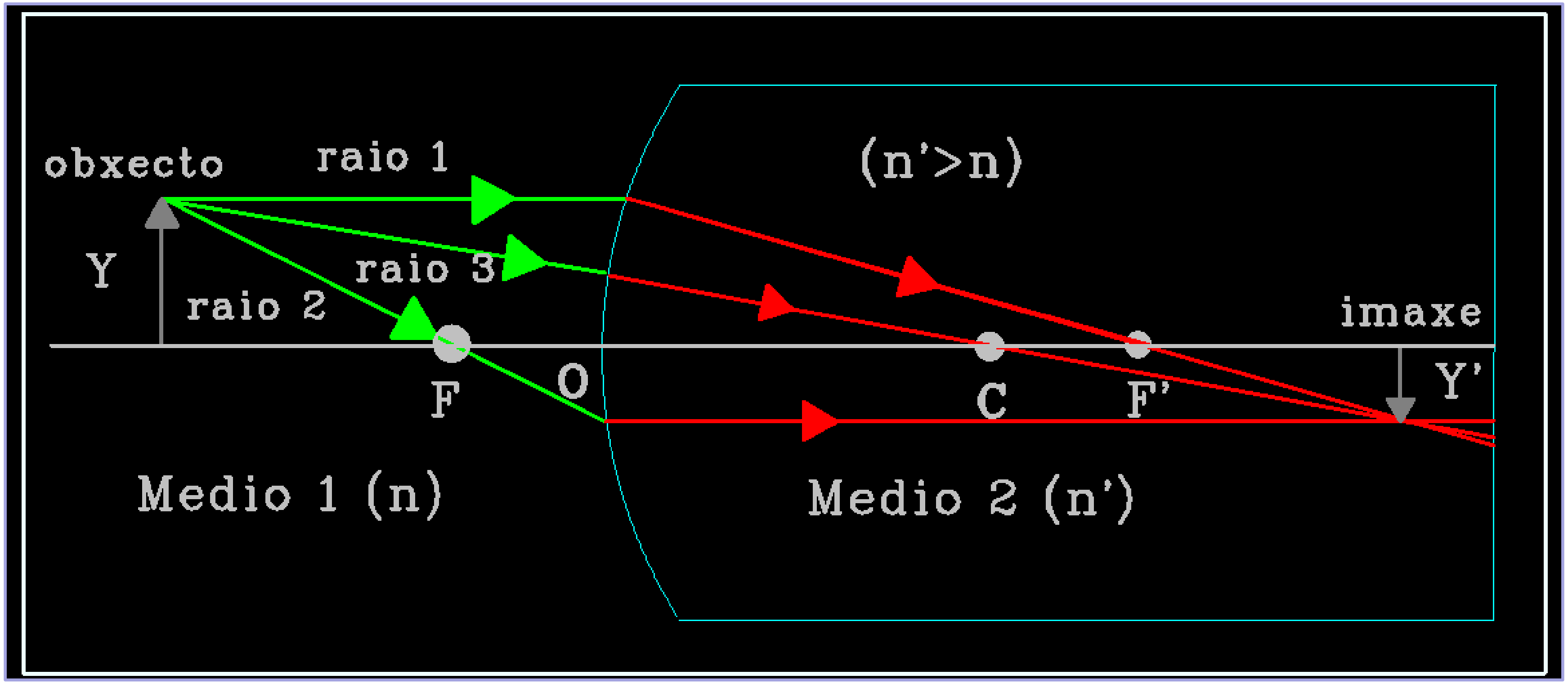
Esta ecuación expresa que o producto **y.α.n** é constante para calquera medio.

Regras para a formación de imaxes

1. Todo raio que incide no dioptro paralelo ao eixe óptico refrata-se pasando por F'.
2. Todo raio procedente do obxecto que pase polo F, refrata-se saíndo paralelo ao eixe óptico.
3. Todo raio que pase polo centro de curvatura do dioptro, non se desvía.
4. A imaxe forma-se no ponto no que se cortan os raios refratados, e pode ser:

- <u>Real</u> se se cortan os raios, e <u>virtual</u> se se cortan as súas prolongacións. Se é real, a imaxe pode ser recollida nunha pantalla, se é virtual non.
- <u>Dereita</u> se a orientación da imaxe coincide coa do obxecto, ou <u>inversa</u> se está orientada no senso contrario.

Regras para a formación de imaxes



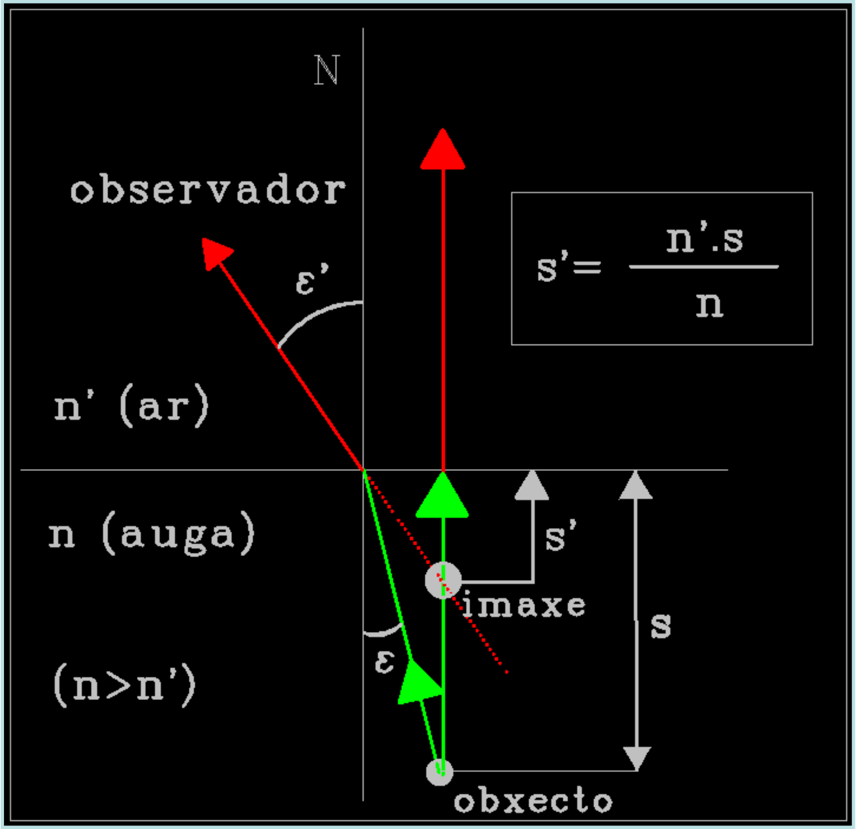
Dioptro plano

- É toda superficie plana que separa dous medios transparentes, homoxéneos e isótropos de distinto índice de refración, que refrata a luz sen refleti-la.
- Pódese considerar un caso particular do dioptro esférico, aquel no que $r \to \infty$

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{\infty} \rightarrow \boxed{\boldsymbol{\frac{n'}{s'} = \frac{n}{s}}}$$

Dioptro plano: sistema ar-auga

Dende a auga ao ar



Dende o ar á auga