

Anillos de Newton

FCEyN - UBA

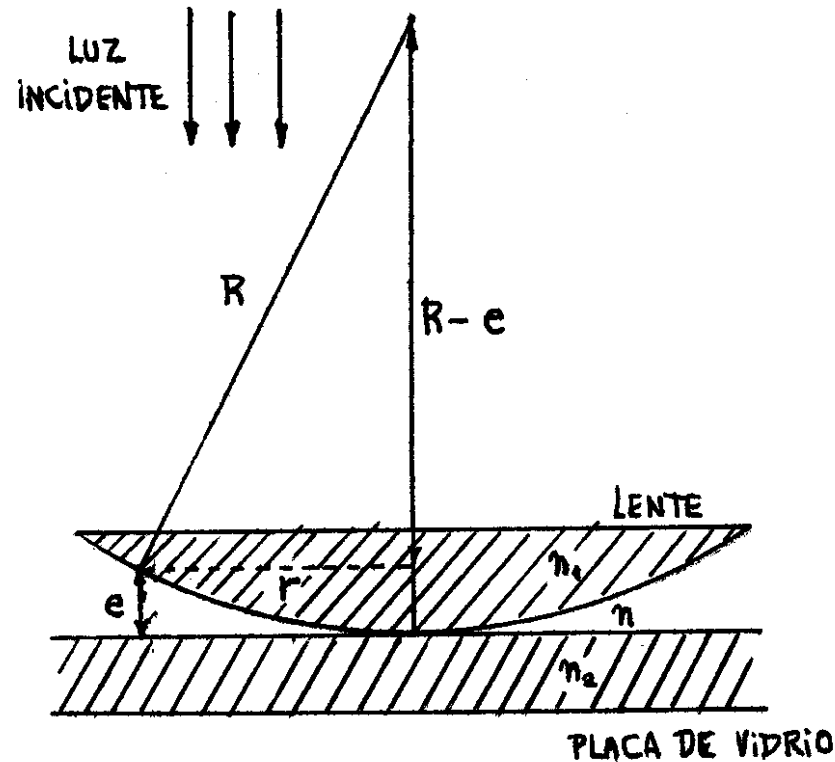
Grupo 6



Maltauro, Fabio

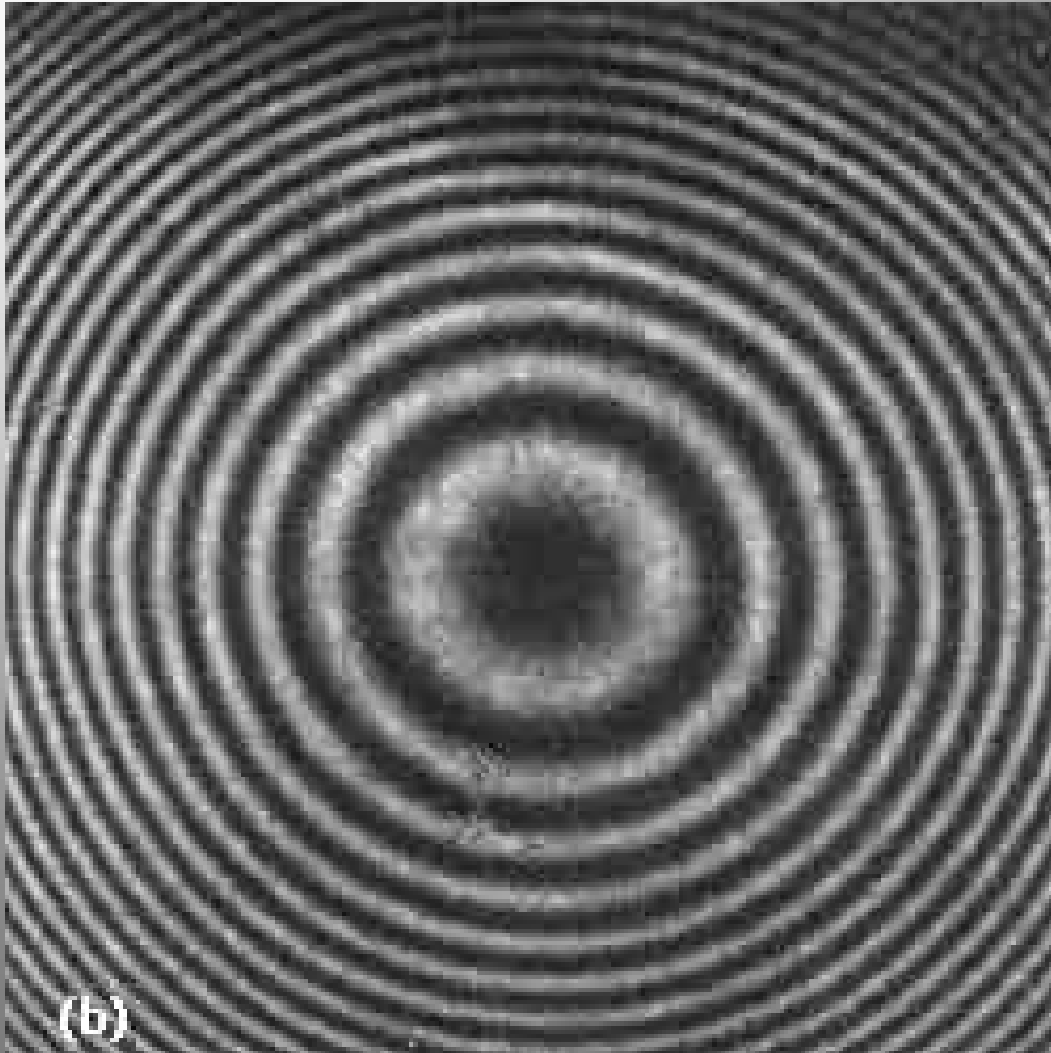
Lavia, Edmundo

Anillos de Newton: Introducción



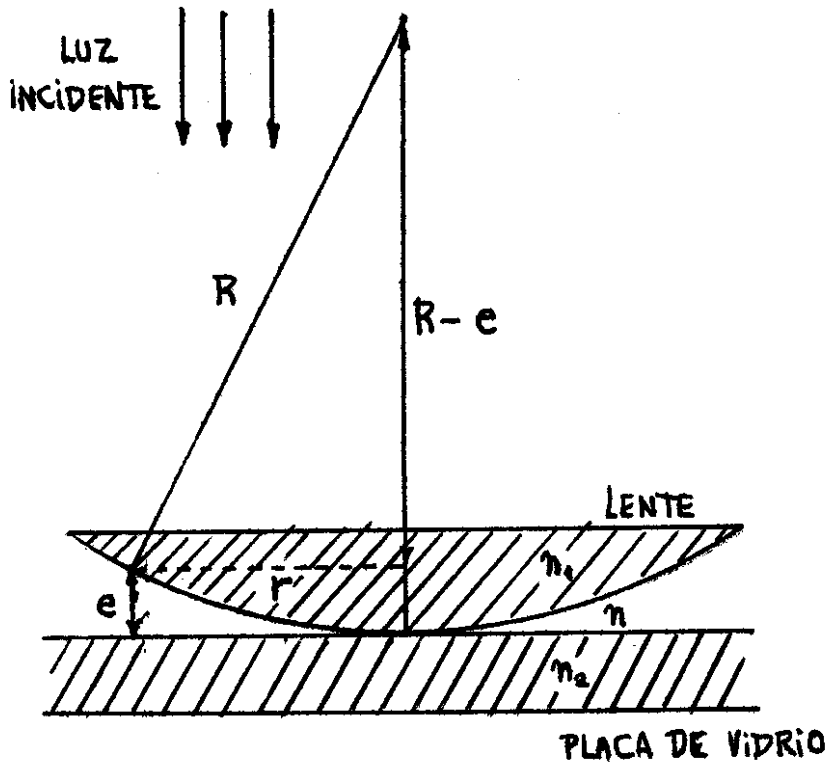
Si se apoya una lente sobre una placa de vidrio plana se observa un patrón de interferencia.

Patrón de interferencia



**Patrón de
interferencia
formado por una
lente convexa bajo
luz
monocromática.**

Anillos de Newton: Geometría



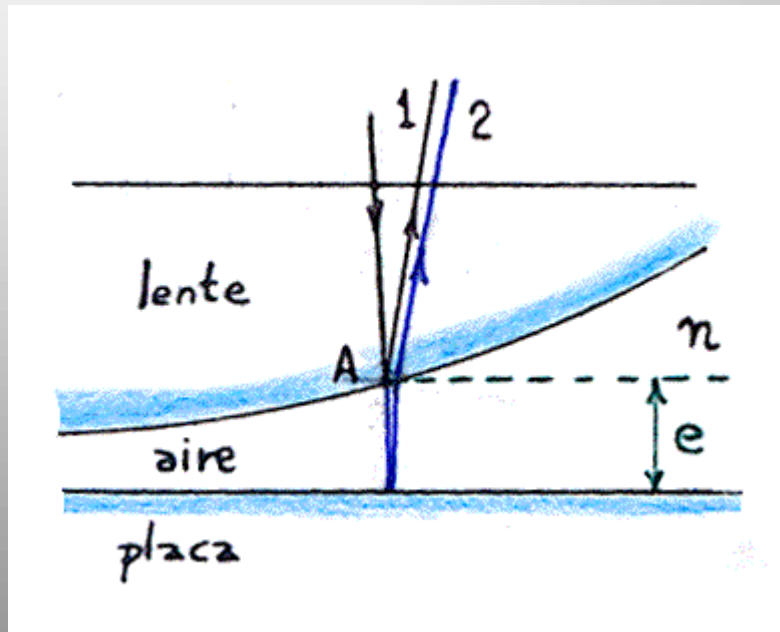
El espesor e de la película entre la lente y la placa en cada punto puede determinarse por trigonometría:

$$R^2 = r^2 + (R - e)^2 \Rightarrow$$

$$r^2 = 2.R.e - e^2 \Rightarrow$$

$$e \cong r^2 / 2.R \quad \text{si } R \gg e$$

Diferencia de camino óptico (Λ)



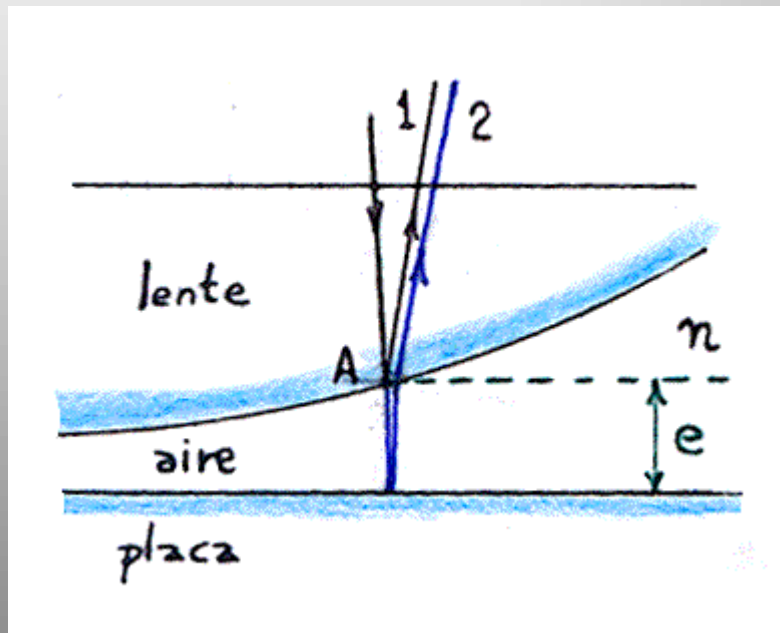
Se puede considerar en cada punto como una lámina de caras paralelas en la que hay una Λ entre el rayo 1 y 2 de:

$$\Lambda = 2 \cdot n \cdot e \cdot \cos(t)$$

donde t es el ángulo de incidencia (≈ 0). Luego:

$$\Lambda = n \cdot r^2 / R$$

Diferencia de fase (δ)



La diferencia de fase (δ) entre los dos rayos será:

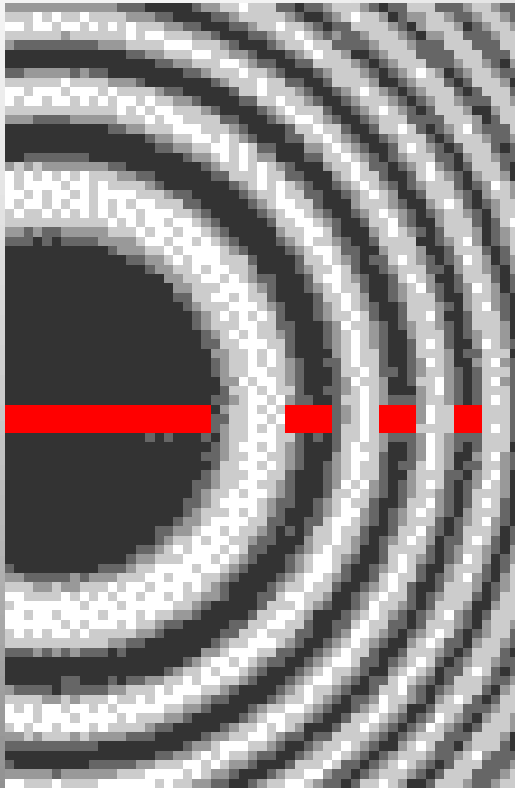
$$\delta = 2 \cdot \pi \cdot \Lambda / \lambda \pm \Delta\varphi$$

donde $\Delta\varphi$ es el salto de fase debido a la reflexión. Luego:

$$\delta = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot r^2 / R \cdot \lambda \pm \Delta\varphi$$

$\Delta\varphi$ cambia según el valor de los índices de refracción de los medios. Pero para los casos aquí analizados vale π .

Máximos y mínimos



Zonas de interferencia destructiva (en rojo), mínimos.

De acuerdo a la teoría de la interferencia habrá un máximo cuando δ valga $2.m.\pi$ y un mínimo cuando δ valga $(2.m + 1). \pi$ con $m \in \mathbb{Z}_{\geq 0}$

$$2.m. \pi = 2.\pi. n. r^2 / R .\lambda + \pi \Rightarrow$$

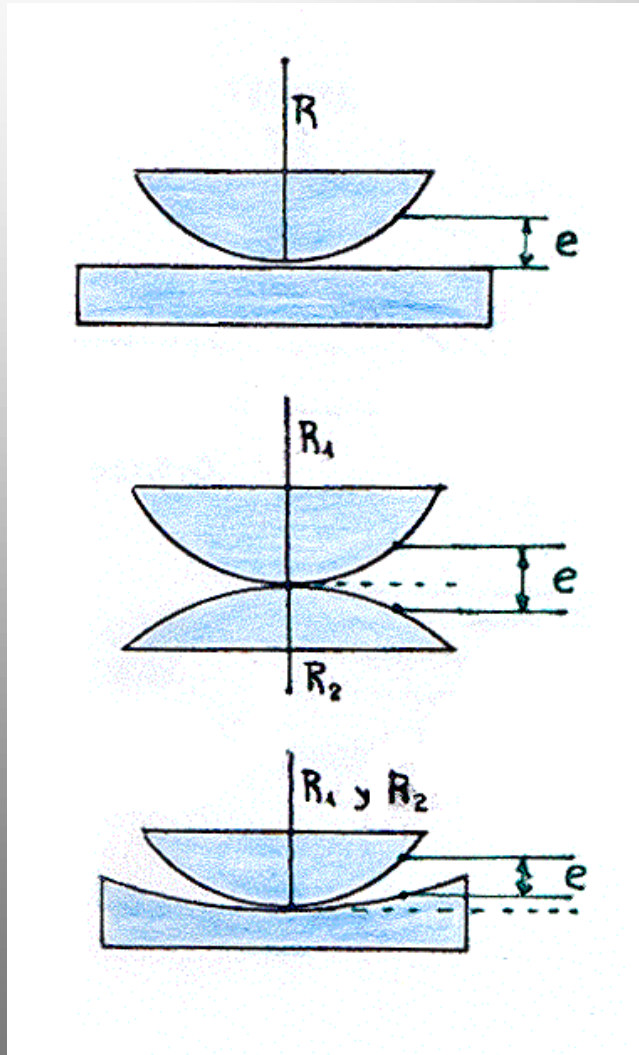
$$r^2 = (m - 1/2). R .\lambda / n \text{ [Máximo]}$$

$$(2.m + 1).\pi = 2.\pi. n. r^2 / R .\lambda + \pi \Rightarrow$$

$$r^2 = m . R .\lambda / n \text{ [Mínimo]}$$

El número m determina el orden para un máximo o un mínimo, y r es el radio correspondiente a al mismo.

Otras configuraciones



También se observan patrones de interferencia con otras combinaciones de superficies.

Tres casos:

1- Una superficie esférica y una plana.

2- Dos superficies esféricas convexas enfrentadas.

3- Una superficie convexa y una cóncava.

En cada caso se altera la expresión para los radios de los máximos y mínimos.

El descubridor



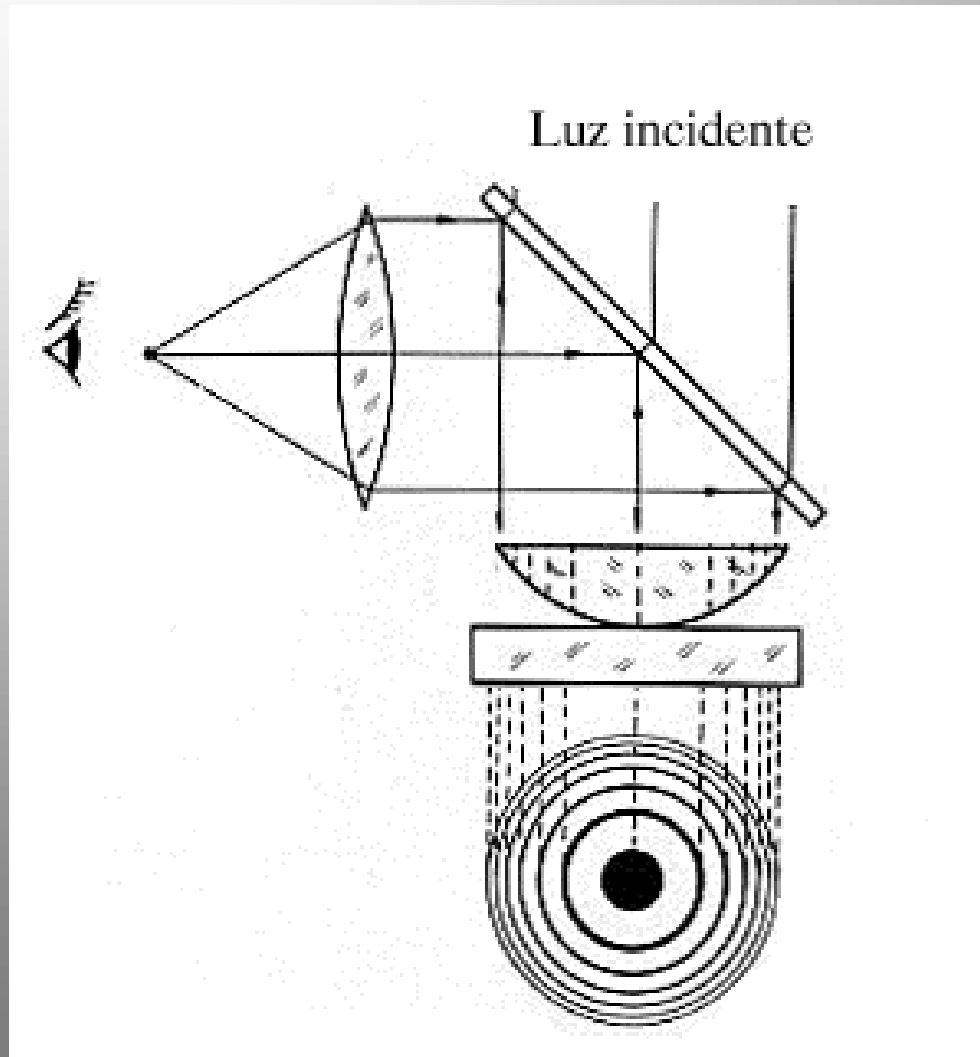
Isaac Newton
(1642-1727) los
describió por
primera vez en su
libro “*Optica*”.

Aplicaciones de los anillos de Newton



**Control de
superficies
ópticas**

Observación de los anillos de Newton



- Se utilizó luz de sodio (Na) [590 nm].
- Dos lentes de radios de curvatura R_1 y R_2 .
- Películas intermedias de aire y agua.
- Se utilizó también luz blanca (policromática).

Radio de curvatura de una lente mediante anillos de Newton

Para dos máximos consecutivos
se tiene:

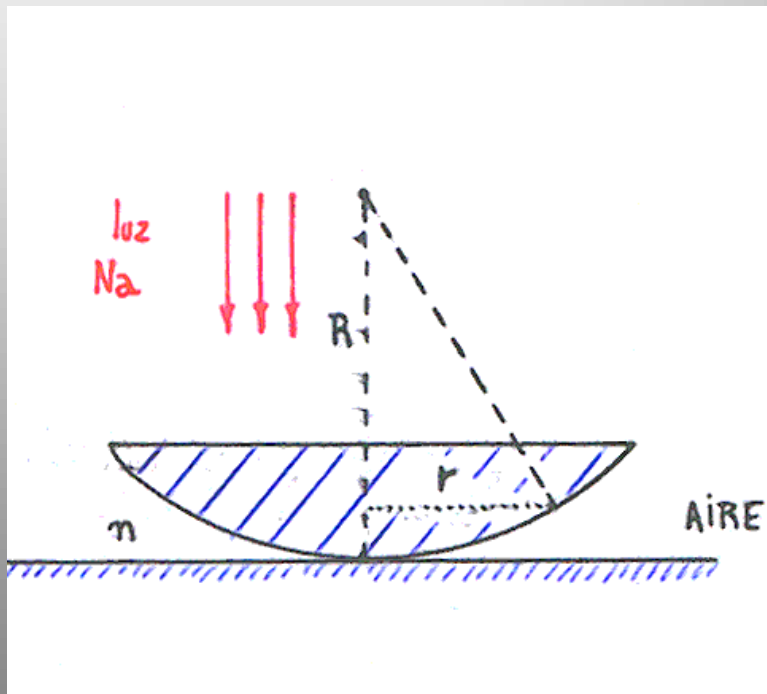
$$r_m^2 = (m + \frac{1}{2}) \cdot \lambda \cdot R/n$$

$$r_{m+1}^2 = (m + 1 + \frac{1}{2}) \cdot \lambda \cdot R/n$$

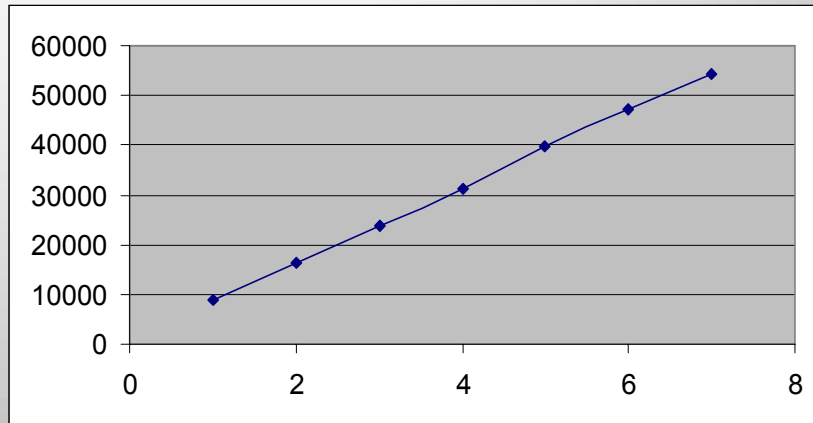
Restando:

$$r_{m+1}^2 - r_m^2 = \lambda \cdot R / n$$

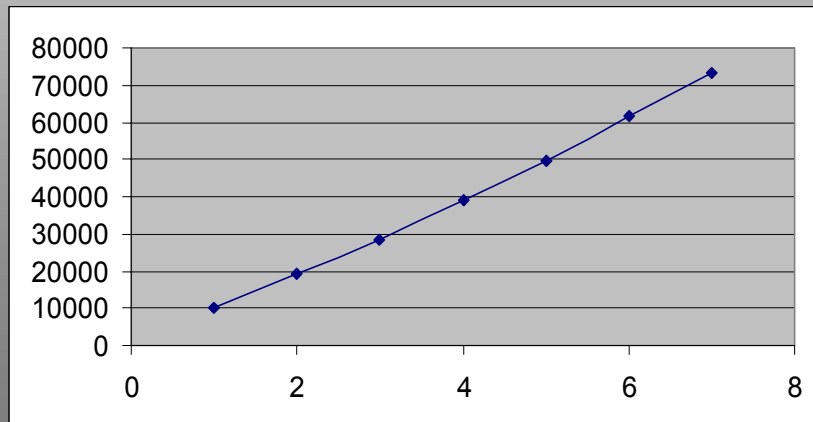
Calculando los radios (r) de los
máximos o mínimos se obtiene el
radio de curvatura R.



Radio de curvatura de una lente mediante anillos de Newton



Lente 1



Lente 2

Asimismo, para anillos oscuros:

$$r^2 = m \cdot \lambda \cdot R / n$$

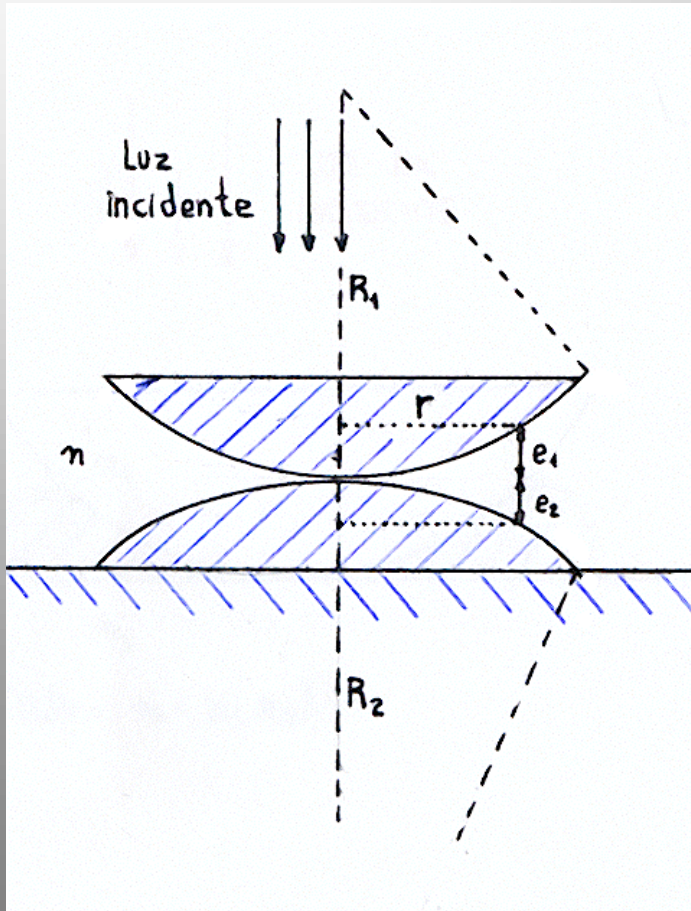
Entonces para λ fijo (luz de sodio) el gráfico r^2 en función de orden m debe ser una recta de pendiente $\lambda \cdot R$. Aquí $n=1$ [aire].

Finalmente:

$$R_1 = 320 \pm 25 \text{ mm}$$

$$R_2 = 450 \pm 25 \text{ mm}$$

Anillos de Newton en dos lentes enfrentadas



Situando dos lentes convexas como en la figura:

$$e = e_1 + e_2 = \{r^2 / (2.R_1)\} + \{r^2 / (2.R_2)\}$$

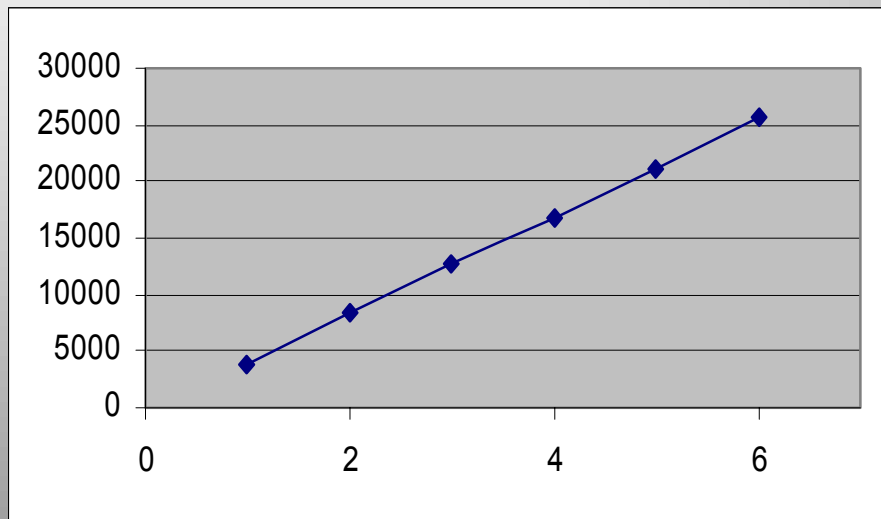
Siendo la condición para mínimos de intensidad:

$$n \cdot r^2 \cdot [(1/R_1) + (1/R_2)] = m \cdot \lambda$$

Luego, restando entre dos mínimos consecutivos:

$$[R_1 \cdot R_2 / R_1 + R_2] = (r_{m+1}^2 - r_m^2) / \lambda \cdot n$$

Anillos de Newton en dos lentes enfrentadas



Lente 1 y 2 enfrentadas

Experimentalmente:

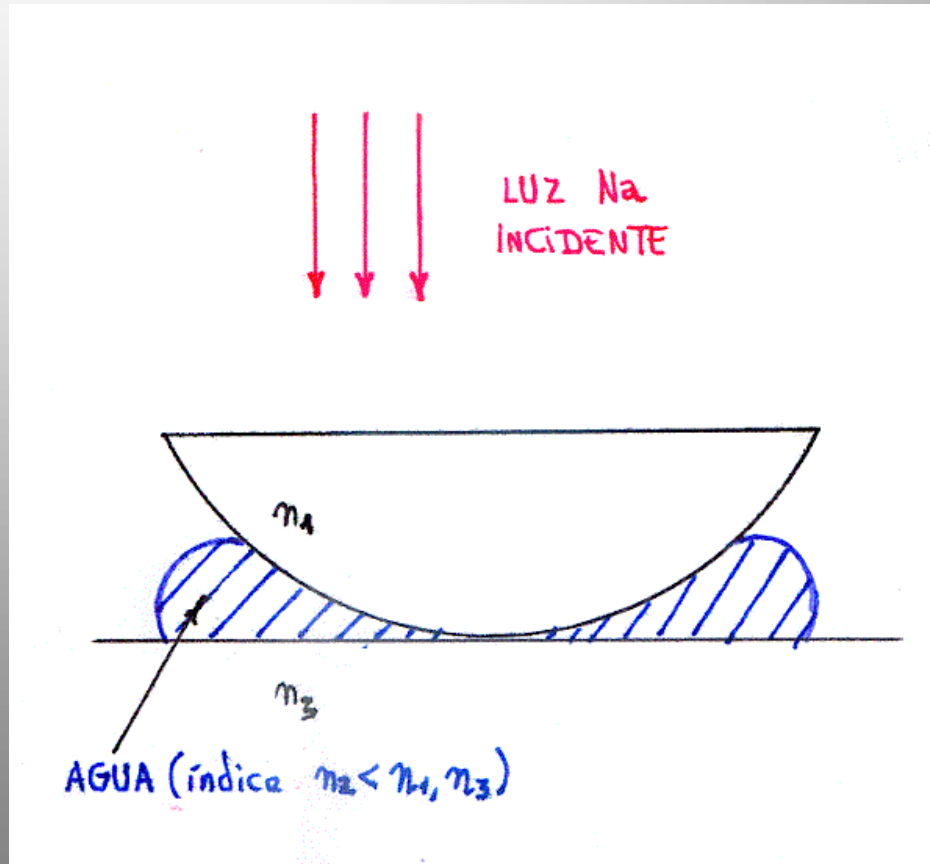
$$[R_1 \cdot R_2 / R_1 + R_2] = 185 \pm 20 \text{ mm}$$

A partir de los valores de R_1 y R_2 calculados por separado:

$$[R_1 \cdot R_2 / R_1 + R_2] = 190 \pm 20 \text{ mm}$$

El gráfico $(R_1 \cdot R_2 / R_1 + R_2)$ en función del orden sigue siendo una recta de pendiente $(r_{m+1}^2 - r_m^2) / \lambda \cdot n$.

Determinación del índice de refracción del agua



Se puede determinar el índice de refracción de la sustancia que conforma la película.

$$n_2 = R \cdot \lambda / (r_{m+1}^2 - r_m^2)$$

Para una capa de agua y la lente de radio R_1 se halló:

$$n_2 = 1,3 \pm 0,1$$

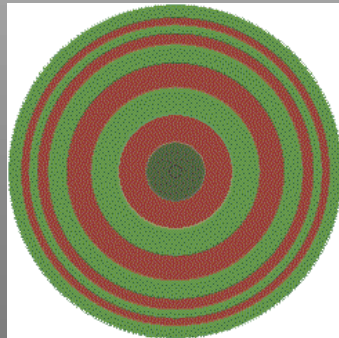
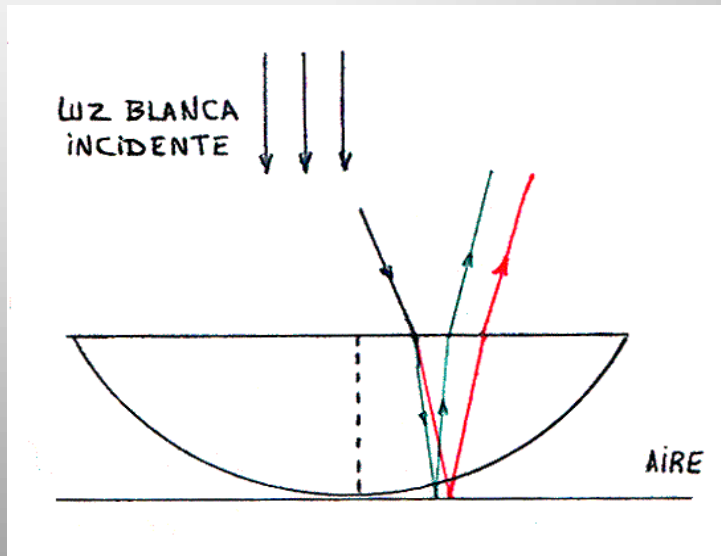
Incidencia con luz blanca. Determinación de longitudes de onda del rojo y verde

Para los máximos se tiene:

$$r^2 = (m - \frac{1}{2}).\lambda.R / n \Rightarrow$$

$$\lambda = n \cdot (r_{m+1}^2 - r_m^2) / R$$

Cada color forma su propio patrón de interferencia.



$$\lambda_v = 500-570 \text{ nm}$$

$$\lambda_r = >610 \text{ nm}$$

$$\lambda_v = 560 \pm 25 \text{ nm}$$

$$\lambda_r = 670 \pm 25 \text{ nm}$$

Conclusiones

- La medición de los radios r proporciona una forma de determinar el radio de curvatura R , la longitud de onda λ y el índice de refracción n .
- Sin embargo, la medición de dichos radios se hace sobre el límite de la agudeza visual, sobre todo para los últimos órdenes. Además en los primeros es difícil medir el radio con respecto a un mismo punto del anillo para cada uno de ellos (el punto medio, un borde, etc).
- En ocasiones el contraste entre anillos es bajo; como cuando se observó con la película de agua.
- Por estas causas, pese a que la precisión del instrumento es buena, los errores relativos son importantes.