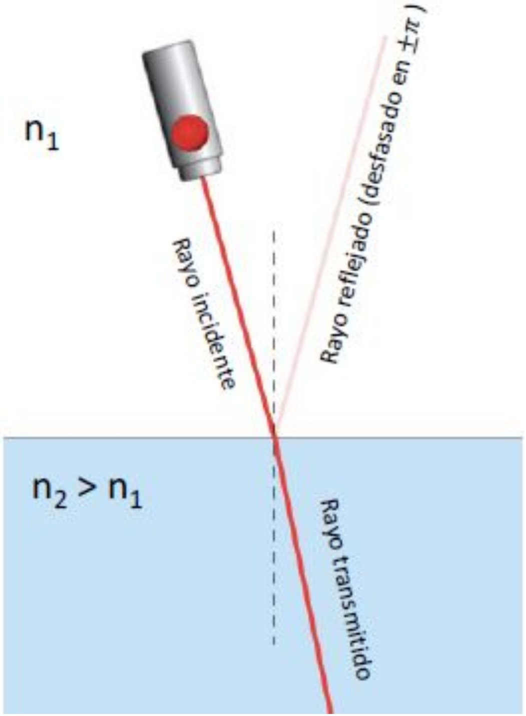
Interferencia por División de Amplitud

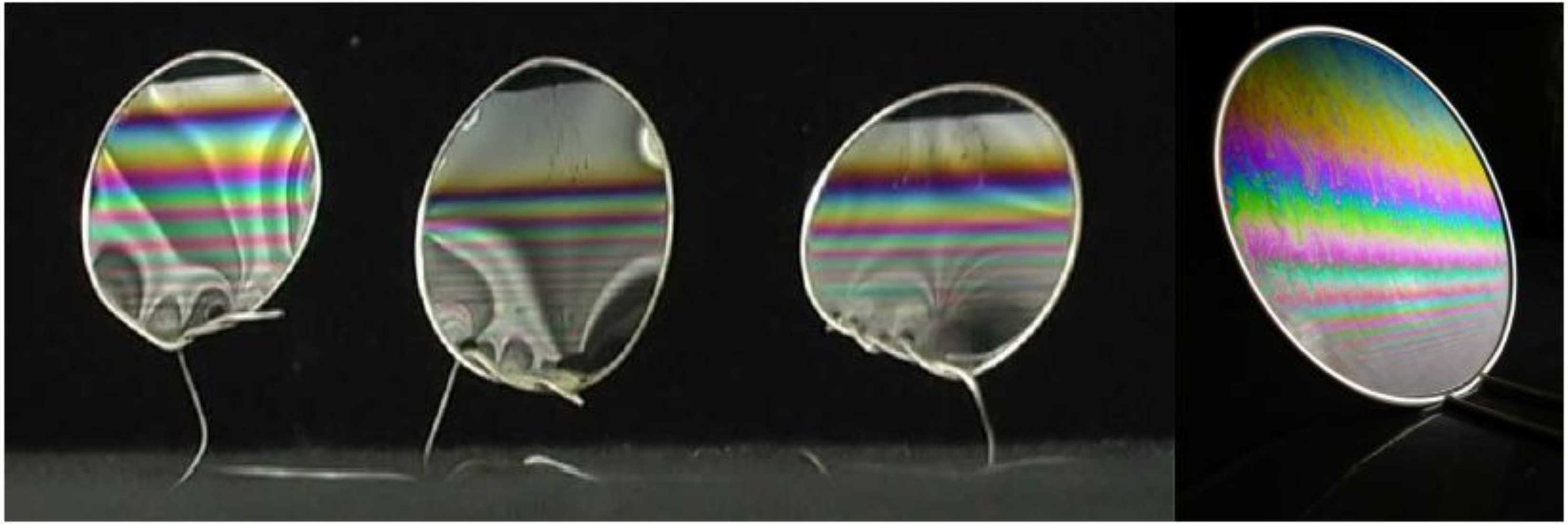
(Se dividen las ondas por reflexión)

En la interfase entre dos medios n_1 y n_2 se observan **ondas transmitidas y ondas reflejadas**

El campo eléctrico de la **onda reflejada** se invierte respecto del campo eléctrico **incidente** ⇒ un cambio de fase ($\pm\pi$)

El campo eléctrico de la **onda transmitida no se desfasa si** $n_2 < n_1$





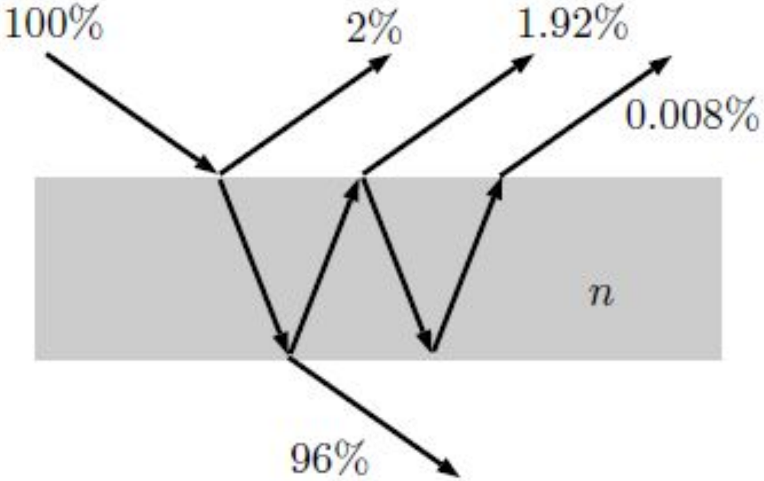
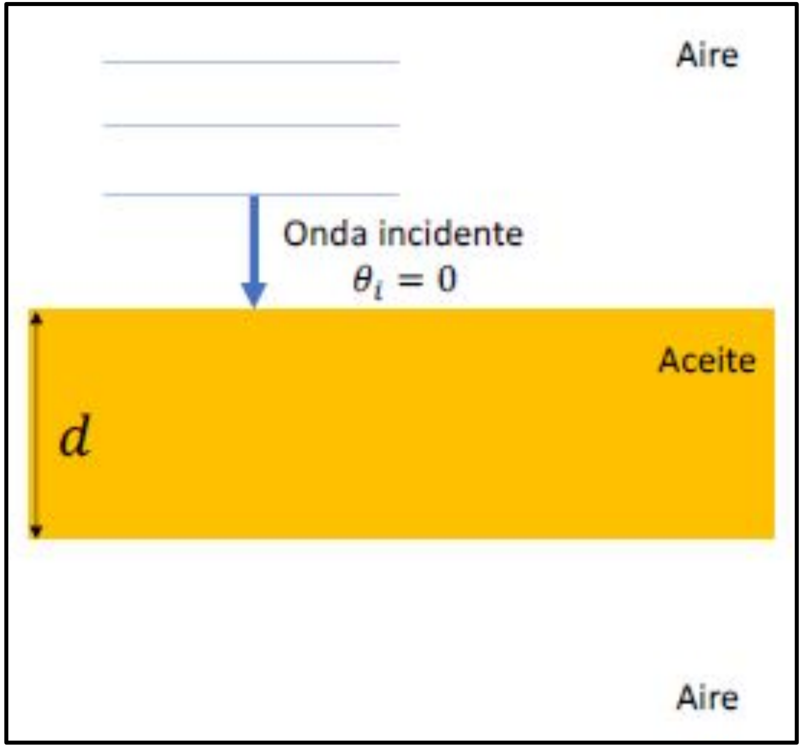


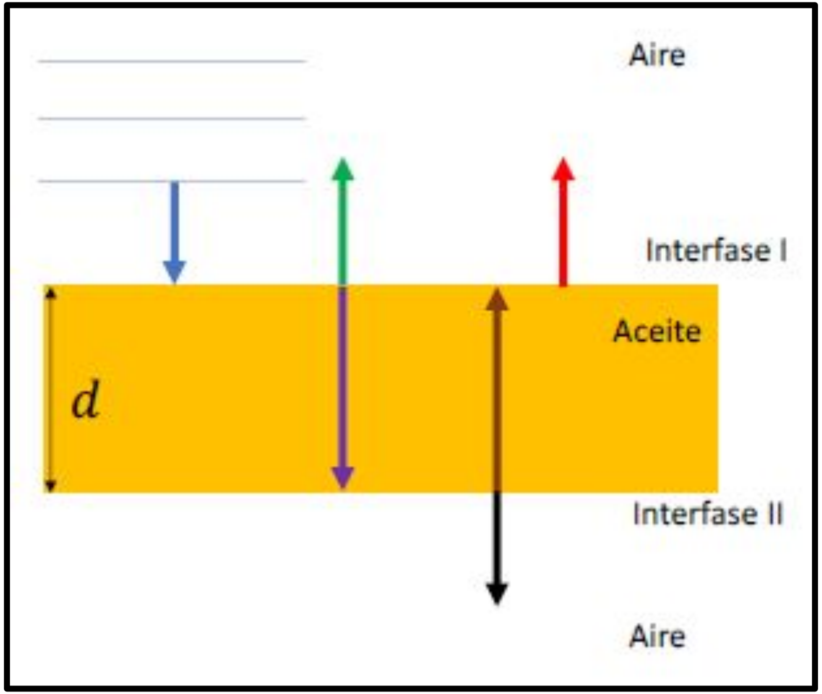
Lámina de caras paralelas jabón n=1.33

Ejemplo: Interferencia de láminas delgadas

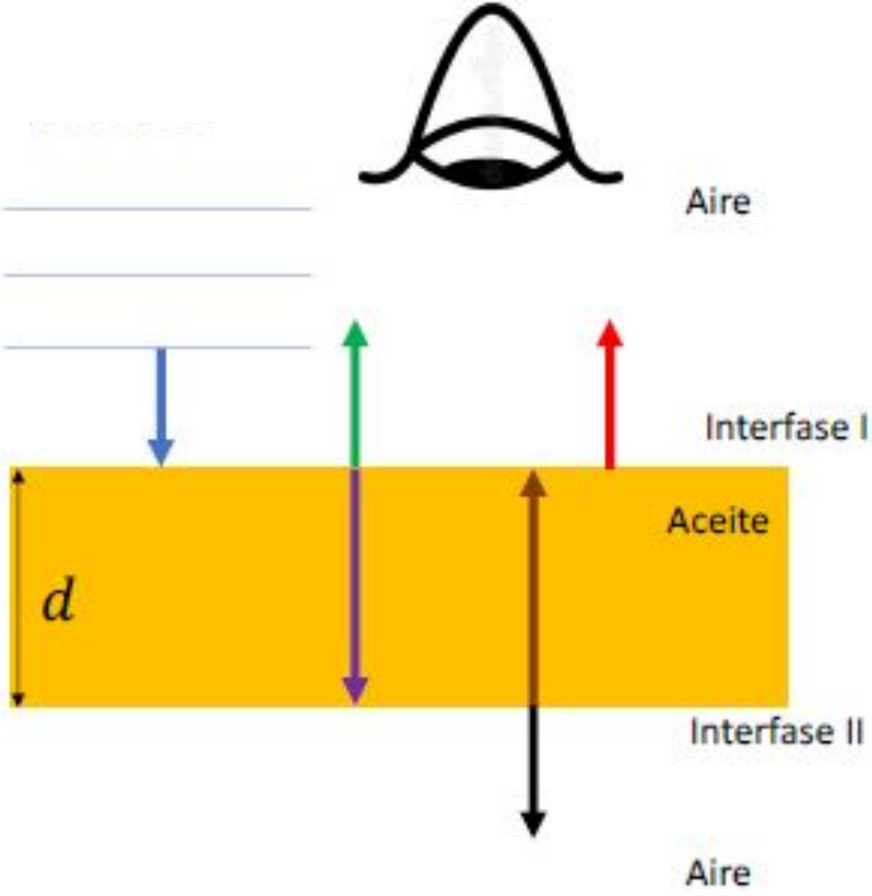
- Imaginemos una lámina fina de aceite ($n = 1{,}45$) rodeada de aire.
- La lámina es delgada (la onda no debe perder coherencia) de espesor d.
- Una onda plana, coherente, de longitud de onda λ incide **normalmente** desde el aire.



- Producto de la reflexión y la refracción, el rayo incidente en la interfase I se separa en dos partes: Una minoritaria que se refleja (verde) y otra mayoritaria que entra en el aceite (violeta).
- El rayo violeta incide normalmente en la interfase II y da lugar a un rayo reflejado (marrón) y otro (negro) que pasa del otro lado
- El rayo marrón, reflejado en la interfase II se refracta volviendo a la capa superior de aire (color rojo).



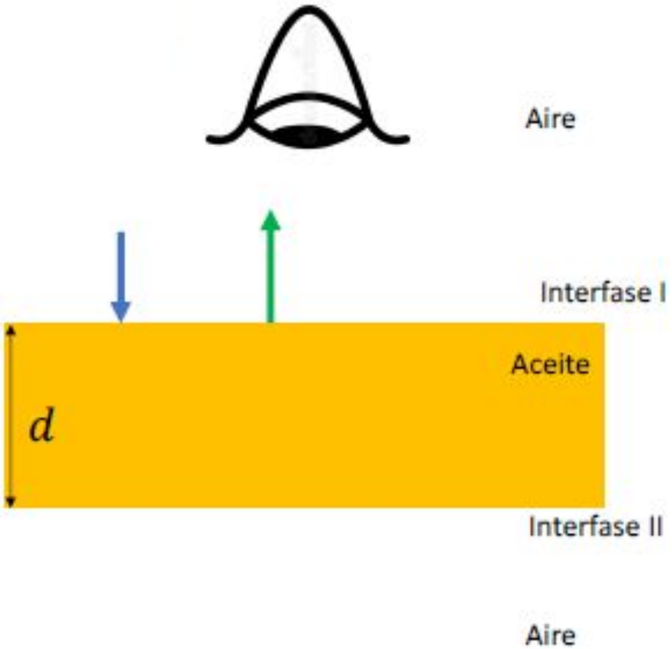
- Una persona que ve desde arriba (por reflexión) va a ver una interferencia entre los rayos verde y rojo.



- Veamos la diferencia de fase entre ambos cuando emergen del aceite

- Por **reflejarse** en una interfase desde un n mayor (aceite) de vuelta a un n menor (aire) el rayo verde se desfasa π respecto al incidente.

- El rayo verde no acumula diferencia de fase adicional pues no viaja dentro del aceite.

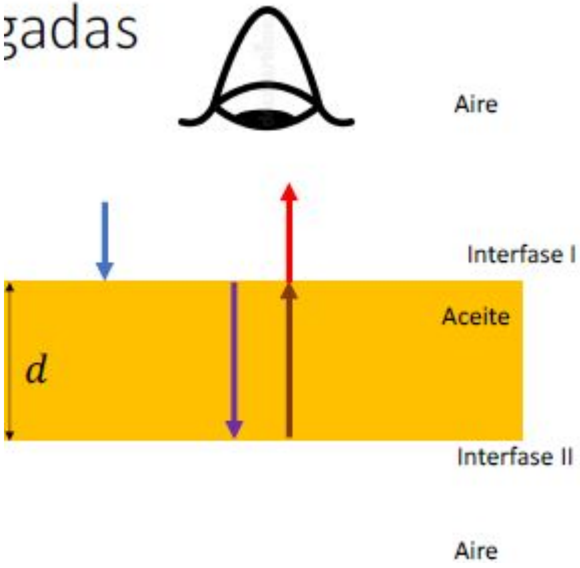


Diferencia de fase total del rayo verde: π

- El rayo rojo tiene origen en la refracción del rayo azul en la interfase I, la reflexión en la interfase II y por último la refracción en la interfase I.

- En la reflexión en la interfase II no suma diferencia de fase como el rayo verde pues lo hace desde un n menor (aire) de vuelta a un n menor (aceite).

- Por viajar una distancia igual a $2d$ dentro del aceite, la diferencia de fase respecto al rayo azul es: $k_{ac}2d$



Diferencia de fase total del rayo rojo: $2k_{ac}d = \frac{4\pi d}{\lambda_{ac}}$

- Recordemos que la cantidad crucial en la interferencia de dos ondas es la diferencia de sus fases:

$$\delta = (fase\ acumulada\ por\ rayo\ verde\ - fase\ acumulada\ por\ rayo\ rojo)$$

- Fase acumulada por rayo verde

0 por camino recorrido ; π por reflexión

- Fase acumulada por el rayo rojo

$\frac{4\pi d}{\lambda_{ac}}$ por camino recorrido + 0 de reflexiones

- La diferencia de fase entre los rayos verde y rojo es entonces

$$\delta = \pi - \frac{4\pi d}{\lambda_{ac}} = \pi - \frac{4\pi d n_{ac}}{\lambda_{vacio}}$$

INTERFERENCIA

CONSTRUCTIVA

$$\delta = \delta_{max} = 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi, \pm 6\pi \ldots$$

DESTRUCTIVA

$$\delta = \delta_{min} = \pm \pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi \ldots$$

Valores de d para tener interferencia constructiva:

- Si fijo λ modificando d vamos a tener aumento en la intensidad en los rayos reflejados si

$$d = d_{max} = -\frac{(\delta_{max} - \pi)\lambda}{4\pi n_{ac}}$$

- Recordar que d_{max} debe ser positivo. Probemos valores de δ_{max}.

δ_{max}	d_{max}
$2\pi, 4\pi, 6\pi \dots$	Negativo (no sirve)
0	$\frac{\lambda}{4n_{ac}}$
-2π	$\frac{3\lambda}{4n_{ac}}$
-4π	$\frac{5\lambda}{4n_{ac}}$

- El valor más pequeño de d_{max} para tener interferencia constructiva es

$$\frac{\lambda}{4n_{ac}}$$

- Supongamos $\lambda = 550\ nm$ (amarillo verdoso) entonces, el espesor mínimo vale:

$$\frac{\lambda}{4n_{ac}} = 94{,}8\ nm$$

- Otros espesores válidos serán

$$3{\times}94{,}8\ nm, 5{\times}94{,}8\ nm, 7{\times}9{,}8\ nm \text{ etc}$$

- Si fijo λ modificando d voy a poder tener disminución en la intensidad en los rayos reflejados si

$$d = d_{min} = -\frac{(\delta_{min} - \pi)\lambda}{4\pi n_{ac}}$$

- Nuevamente, d_{min} debe ser positivo. Probemos valores de δ_{min}.

δ_{min}	d_{min}
3π, 5π…	Negativo (no sirve)
π	0 (lámina hiperdelgada)
$-\pi$	$\frac{\lambda}{2n_{ac}}$
-3π	$\frac{\lambda}{n_{ac}}$

- El valor más pequeño de d_{min} para tener interferencia destructiva es

$$0$$

- Esto vale para todo λ

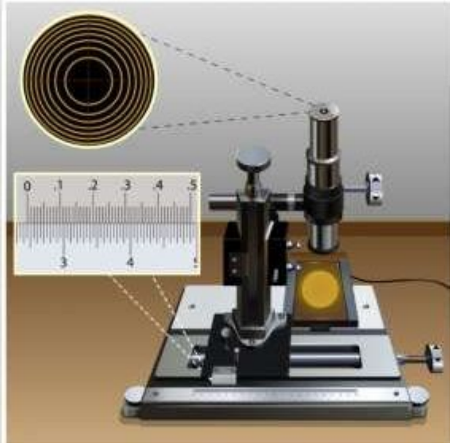
- Otros espesores válidos serán dependientes de λ. Para $\lambda = 400\ nm$ (azul)

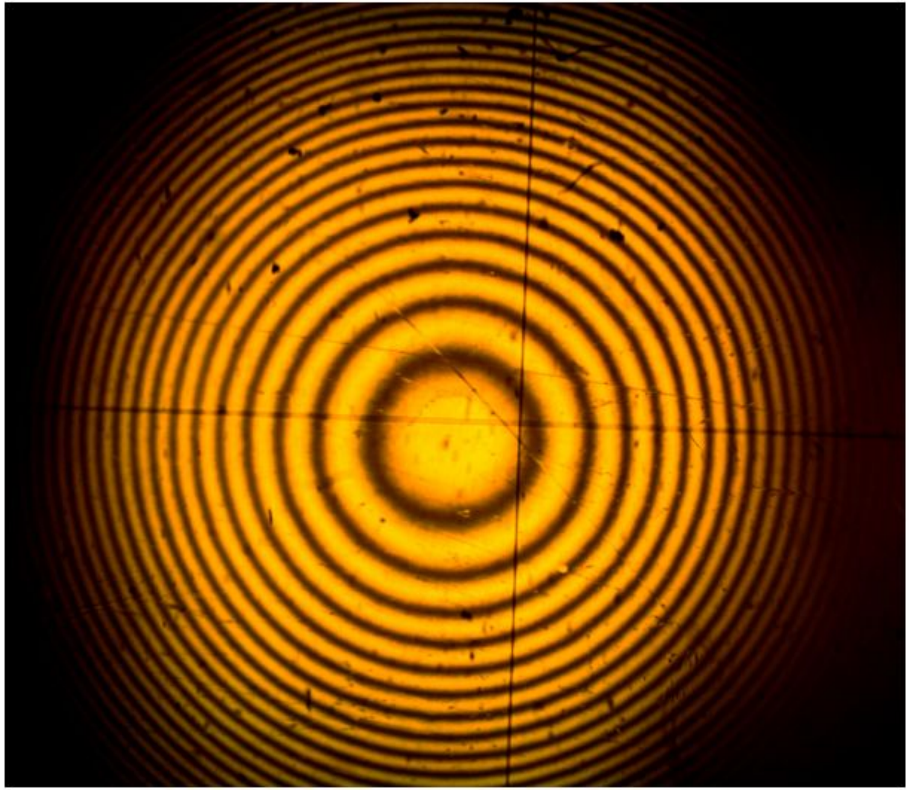
$$137{,}9\ nm, 2\times137{,}9\ nm, 3\times137{,}9{,}7\ nm \text{ etc}$$

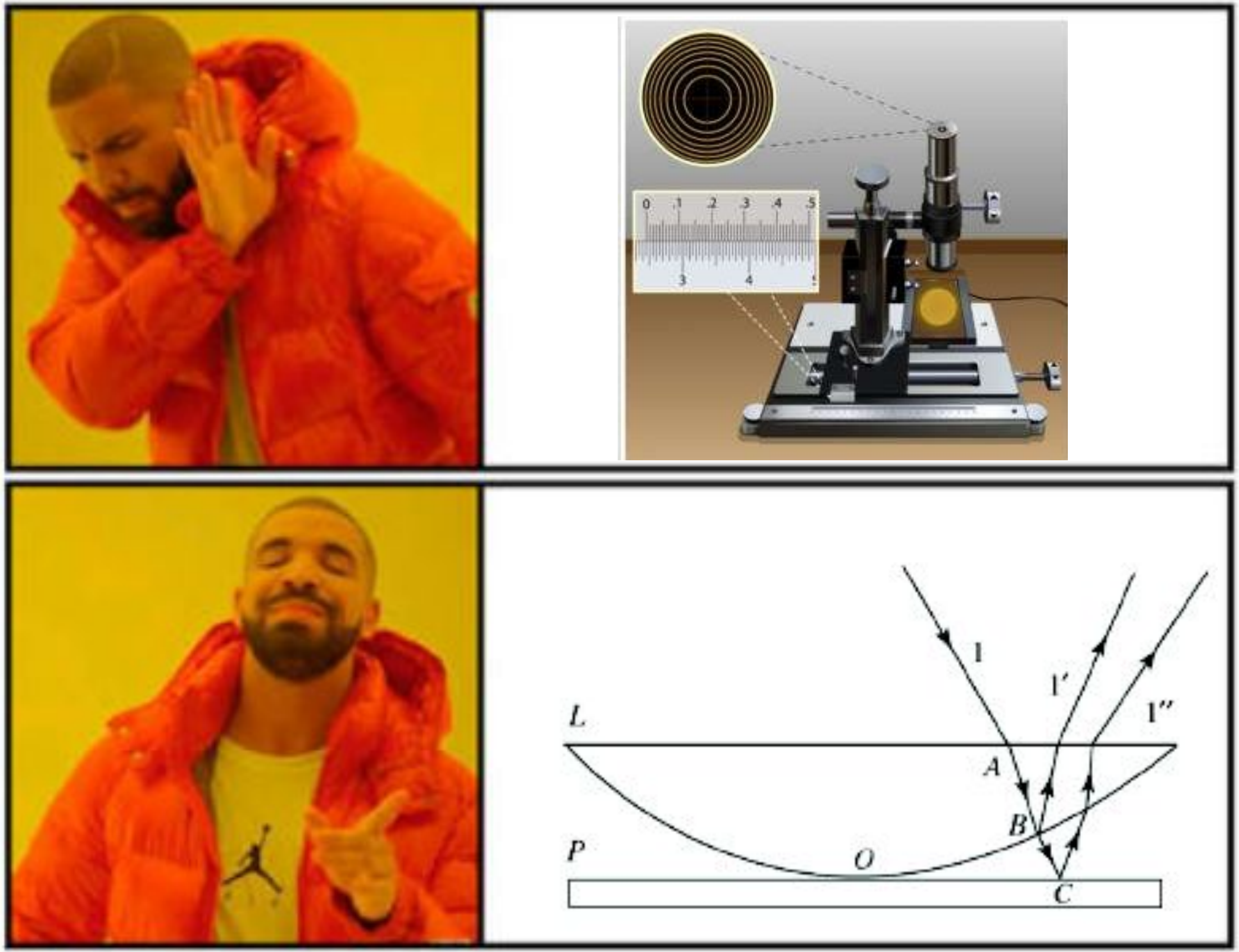
Anillos de Newton

https://vlab.amrita.edu/?sub=1&brch=189&sim=335&cnt=4

- Patrones de interferencia generados por rayos que viajan entre dos superficies de simetría axial extremadamente próximas que se tocan en un punto central.
- Efecto investigado por Newton en 1704 en su libro Opticks



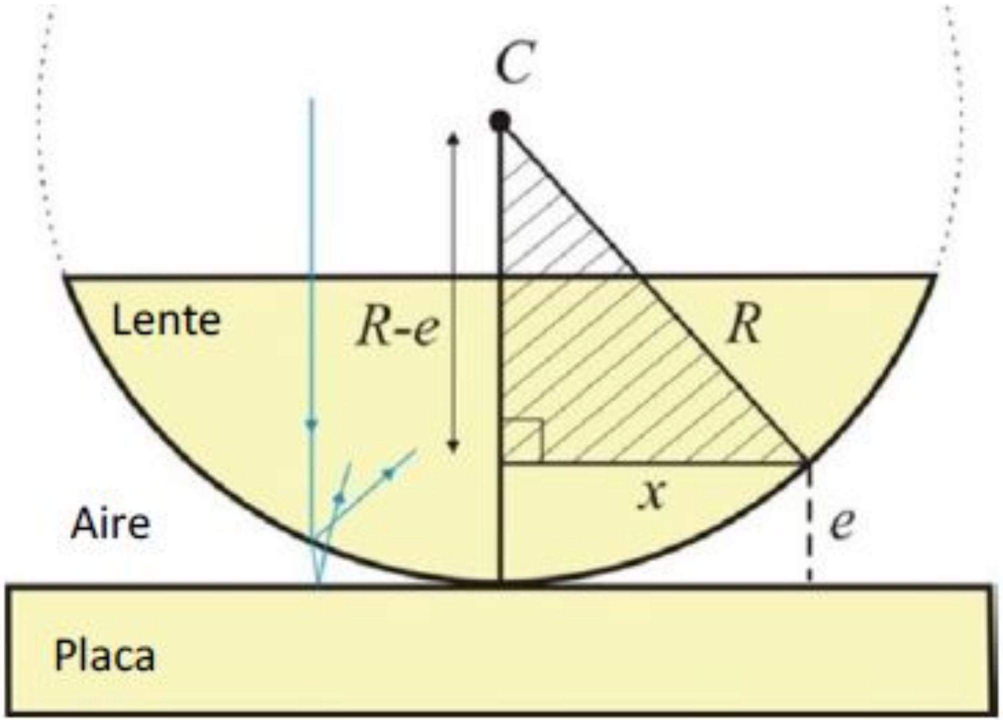




0
1
2
3
4
5
3
4
5
L
P
O
A
B
C
1
1′
1″

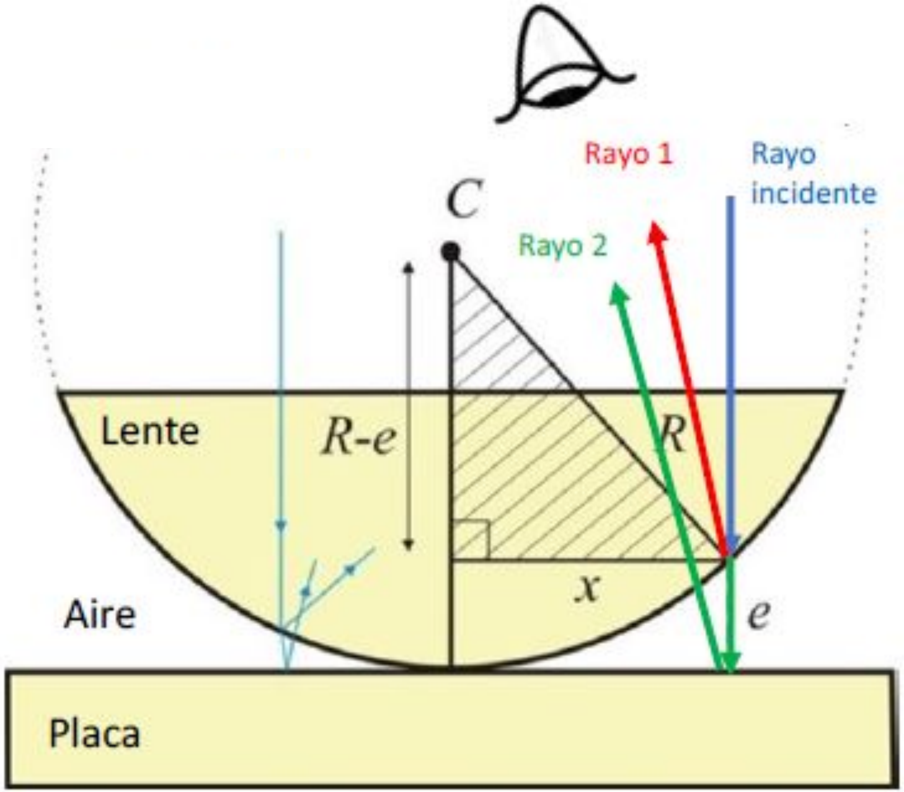
Anillos de Newton por Reflexión

- Supongamos una lente plano-convexa de radio de curvatura R apoyada en su vértice sobre una placa de caras plano paralelas.
- Ambas piezas son de vidrio ($n = 1{,}5$) y el espacio entre ellas está ocupado por aire.
- Se hace incidir un haz de luz monocromática de manera normal a la placa.
- Se estudia la interferencia por reflexión en una región próxima al punto de contacto donde el espesor de la capa de aire $e \ll R$



Hipótesis: incidencia normal

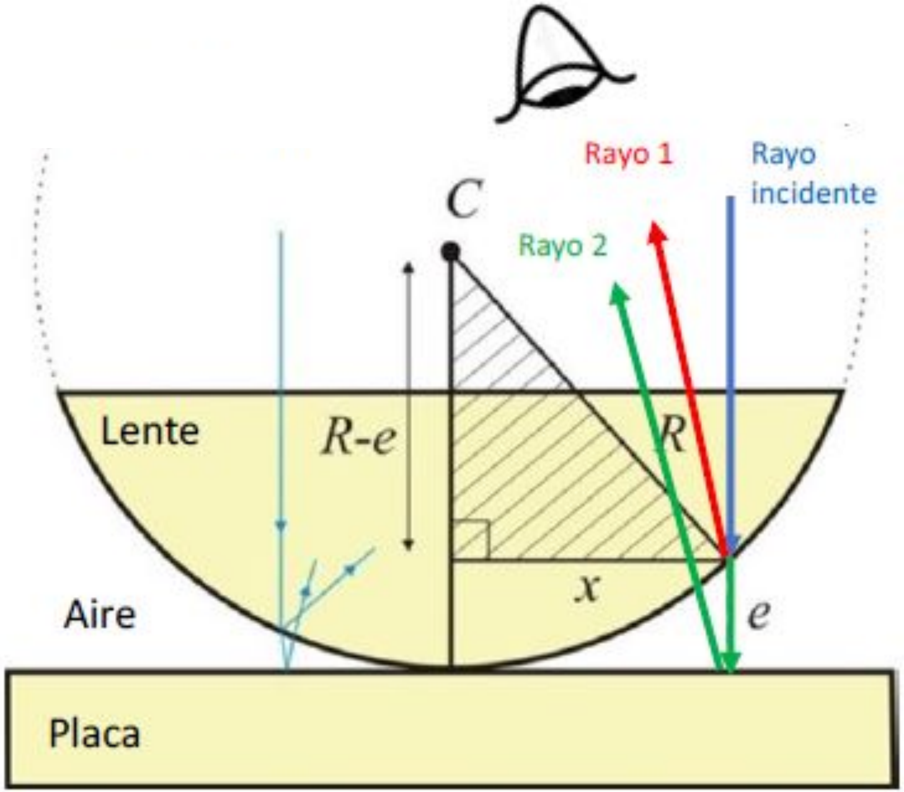
- El rayo 1 surge de la reflexión en la interfase lente/aire
- El rayo 2 es producto de la refracción en la interfase lente/aire, reflexión en la interfase aire/placa y refracción en la interfase lente/aire



- Expresemos la distancia e en términos del radio x en la aproximación $e \ll R$.
- Apliquemos Pitágoras al triángulo rectángulo sombreado:

$$R^2 = x^2 + (R - e)^2$$
$$R^2 = x^2 + R^2 - 2Re + e^2$$

- Consideramos que el término e^2 es muy pequeño en comparación a los otros

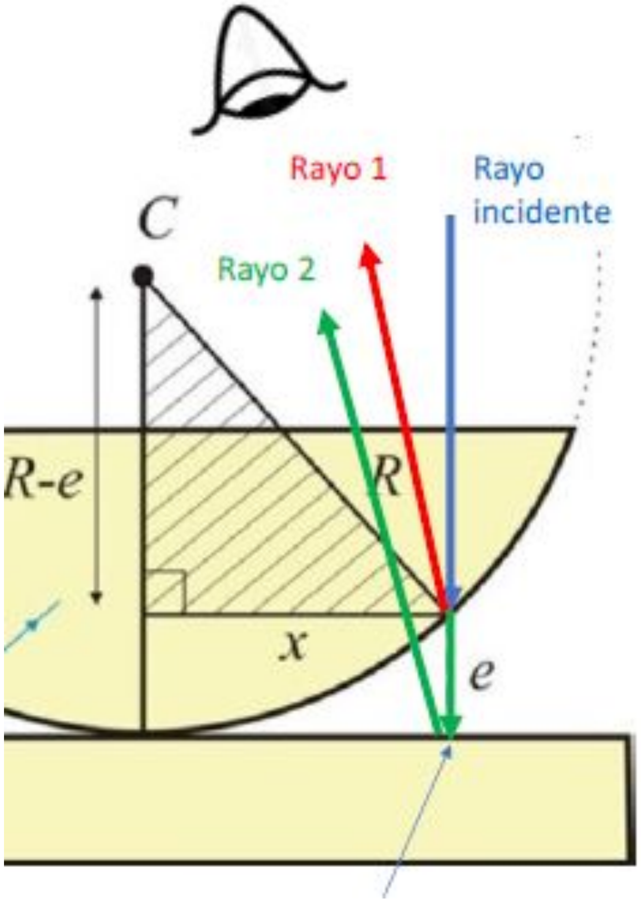


- Entonces

$$R^2 \cong x^2 + R^2 - 2Re$$
$$2Re \cong x^2$$
$$e \cong \frac{x^2}{2R}$$

- La diferencia de fase entre el rayo 1 y el 2 es:

$$\delta = 2ke + \pi$$
$$\delta = k\frac{x^2}{R} + \pi$$



INTERFERENCIA

CONSTRUCTIVA

$$\delta_{max} = 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi, \ldots$$

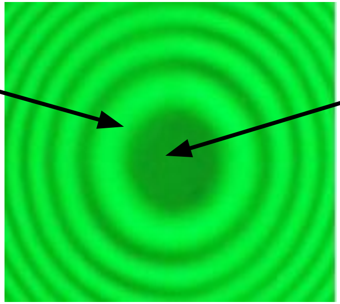
los máximos

$$k\frac{{x_{max}}^2}{R} + \pi = 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi, \ldots$$

Solo R

$$\frac{2\pi {x_{max}}^2}{\lambda R} = \pi, 3\pi, 5\pi \ldots$$

$${x_{max}}^2 = \frac{\lambda R}{2} \times (1{,}3{,}5 \ldots)$$



Hay un mínimo en el punto de contacto

DESTRUCTIVA

$$\delta_{min} = \pm\pi, \pm 3\pi, \ldots$$

los mínimos

$$k\frac{{x_{min}}^2}{R} + \pi = \pm\pi, \pm 3\pi, \ldots$$

Solo R

$$\frac{2\pi {x_{min}}^2}{\lambda R} = 0, 2\pi, 4\pi \ldots$$

$${x_{min}}^2 = 0, \lambda R, 2\lambda R, 3\lambda R \ldots$$

Anillos de Newton por Transmisión

- ¿Qué tipo de patrón espera ver una persona que mira desde abajo?