

## Práctico N° 5- PROPAGACIÓN DE LA LUZ Y ÓPTICA GEOMÉTRICA

### La luz, reflexión y refracción, espejos y lentes, instrumentos ópticos

**5.1-** a) Un rayo de luz incide desde el vidrio en una superficie vidrio-agua formando un ángulo de  $45^\circ$ . Hallar el ángulo de refracción si el índice de refracción del vidrio es de 1,5.

b) ¿Cuál es el ángulo crítico para la reflexión total de la luz que pasa desde un vidrio de índice de refracción 1,5 al aire?

c) Un rayo de luz incide desde el aire al agua con un ángulo de  $30^\circ$  respecto a la normal. Parte de la luz se refleja y parte se refracta. Hallar los ángulos de ambos rayos. ¿Qué cambiaría si el rayo incidiera con el mismo ángulo pero desde el agua al aire?

**5.2-** Un rayo de luz llega desde afuera y pasa por una ventana de vidrio en nuestra habitación. Inicialmente ingresa desde el aire al vidrio con un ángulo de  $30,0^\circ$  respecto a la normal. Parte de la luz se refleja y parte se refracta. El índice de refracción del vidrio es 1,55.

a) ¿Cuánto valen los ángulos de reflexión y refracción?

b) El rayo refractado sigue su curso dentro del vidrio hasta que pasa al interior de la habitación. ¿Cuánto vale el ángulo respecto a la dirección normal al vidrio del rayo que ingresa a la habitación?

c) ¿Con qué ángulo debería incidir un rayo desde el vidrio para que no pueda pasar del vidrio a la habitación? ¿Qué fenómeno se produciría en ese caso?

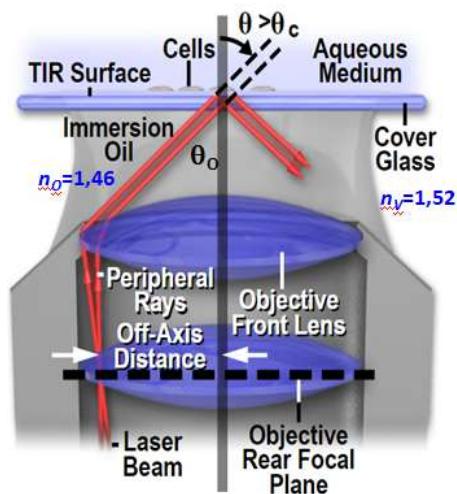
**5.3-** Un microscopio de fluorescencia de reflexión interna (TIRFM, por sus siglas en inglés), es un tipo de microscopio que permite la visualización de muestras de espesor muy bajo, que usualmente son complicadas de observar mediante microscopía de fluorescencia convencional debido a que son opacadas por la fluorescencia de fondo. Los TIRFM son especialmente útiles para la visualización del contacto entre cultivos celulares y su sustrato, o para la medición de velocidad de reacciones que involucran proteínas intracelulares y extracelulares.

a) Supongamos que tenemos un cultivo celular en sustrato de vidrio. Hacemos ingresar luz desde el exterior (aceite de inmersión con  $n_0 = 1,46$ ) al vidrio (con  $n_v = 1,52$ ), y buscamos que se dé una reflexión total interna en la interfase vidrio-célula. Si el índice de refracción de las células es de 1,37, ¿cuál es el ángulo crítico entre el vidrio y las células para la reflexión total interna? ¿Con qué ángulo debería ingresar entonces la luz desde el aceite?

b) Cuando se da la reflexión total interna con un ángulo mayor al crítico, la luz no se desvanece completamente en la superficie sino que penetra pero su intensidad decae exponencialmente con la distancia a la superficie. En particular, la distancia característica de penetración depende del ángulo de la luz incidente y de su longitud de onda, según  $d = \frac{\lambda_0}{4\pi} (n_v^2 \sin^2 \theta - n_c^2)^{-\frac{1}{2}}$  donde  $\lambda_0$  es la longitud de la onda incidente en el vacío,  $n_c$  y  $n_v$  los índices de refracción de una célula y del vidrio, respectivamente, y  $\theta$  es el ángulo de incidencia de la onda sobre la superficie vidrio-cultivo.

¿Cuál es la longitud de onda (en el vacío) con la que deberíamos iluminar la muestra si queremos una longitud de penetración de 140 nm a  $80,0^\circ$ ?

c) ¿Cuál es la mínima longitud de penetración que se puede obtener con esa longitud de onda?



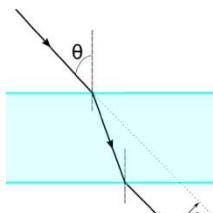
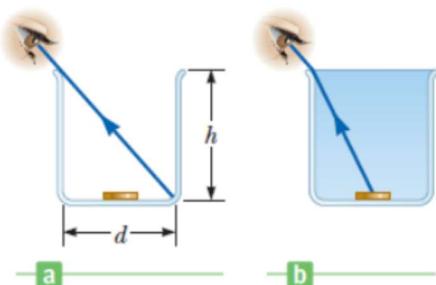
**5.4-** Las ondas que se propagan bajo la superficie terrestre responden a las mismas propiedades que la luz. Estas propiedades son usadas para obtener modelos de las capas sub-superficiales, por ejemplo mediante el método de refracción sísmica, que consiste en estudiar las ondas generadas por un frente de ondas que viaja por la interfase entre dos capas de diferente índice de refracción.

a) Explique cómo funciona el método ayudándose de la imagen (Sugerencia: piense qué sucede con la velocidad de los rayos). ¿El método funciona cuando una capa de menor índice de refracción se encuentra sobre una de mayor índice de refracción ( $v_1 > v_2$ )?

b) A una profundidad de 5,00 metros se encuentra una roca donde la velocidad de las ondas es de 4.500 m/s. En la capa superficial las ondas tienen una velocidad de 3.500 m/s. Calcule el ángulo crítico y la distancia desde la fuente a la que se comienzan a detectar las ondas refractadas.

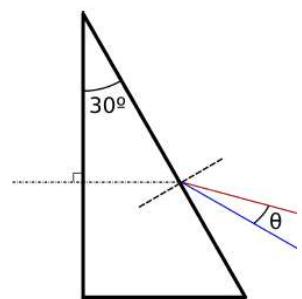


5.5- Una lata cilíndrica tiene un diámetro  $d = 25,0$  cm y una altura  $h = 25,0$  cm. Un observador se coloca de tal manera que puede ver únicamente la parte más distante del fondo (figura a). Luego se vierte líquido dentro de la lata y cuando alcanza el borde, el observador, sin cambiar su posición original, alcanza precisamente a ver una pequeña moneda que se encuentra centrada en el fondo de la lata (figura b). ¿Cuál es el índice de refracción del líquido?

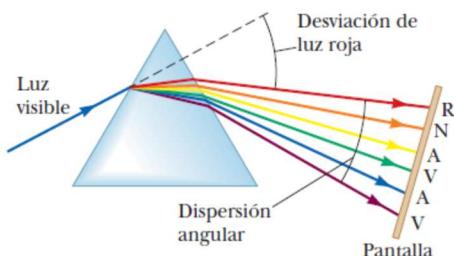


5.6- Un rayo de luz incide sobre un vidrio plano de  $n = 1,50$  y 2,00 cm de espesor formando un ángulo de  $\theta = 30,0^\circ$  con la normal.

- Determinar los ángulos de incidencia y refracción en cada superficie.
- El rayo que emerge por el otro lado del plano está desplazado una distancia  $d$  con respecto a la extrapolación recta del rayo incidente original. ¿Cuánto es este desplazamiento?

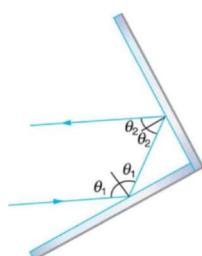


5.7- Prismas a) Luz blanca entra en un prisma de vidrio de sección triangular. Incide perpendicularmente a la cara delantera y es refractada en la cara trasera. El ángulo entre las caras es de  $30,0^\circ$ . Si el índice de refracción del vidrio es  $n_A = 1,525$  para la luz azul ( $\lambda = 450$  nm) y  $n_R = 1,512$  para luz roja ( $\lambda = 650$  nm) ¿cuál es el ángulo entre la luz roja y la luz azul después de pasar por el prisma?



- El índice de refracción para luz violeta en vidrio de sílice es 1,66, y el de la luz roja es 1,62. ¿Cuál es la dispersión angular de la luz visible que pasa a través de un prisma equilátero con ángulo vértice de  $60,0^\circ$ , si el ángulo de incidencia es  $50,0^\circ$ ?

5.8- Espejos planos- a) Un hombre está de pie a 2,00 m por delante de un espejo vertical plano. ¿A qué distancia se halla el hombre de su imagen?



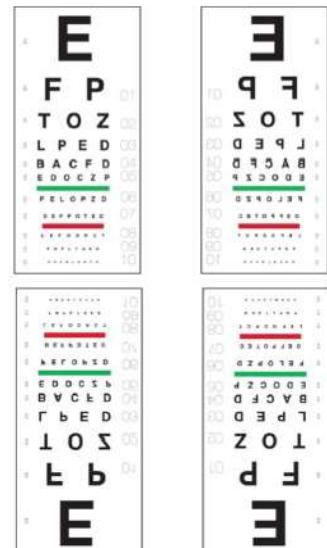
- ¿Qué altura mínima debe tener un espejo para que una persona que mide 1,70 m, pueda verse reflejada de cuerpo entero en el mismo?
- Mostrar que cuando la luz se refleja en dos espejos que forman un ángulo recto el rayo reflejado siempre es paralelo al incidente (ver figura de la izquierda).
- Un oftalmólogo compra las cuatro tablas optométricas que se muestran en la figura de la derecha y cuyas letras de mayor tamaño tienen una altura de 10 cm. Para examinar correctamente a los pacientes, se debe instalar una de estas tablas de manera que la letra de mayor tamaño sea vista por el paciente de forma derecha y con un tamaño angular de  $1,00^\circ$ . El consultorio del oftalmólogo es rectangular con dimensiones  $4,20$  m  $\times$   $2,20$  m y cuenta con un espejo plano que puede instalar en cualquier pared. ¿Cuál panel debería instalar el oftalmólogo y cómo debería instalarlo?

tamaño tienen una altura de 10 cm. Para examinar correctamente a los pacientes, se debe instalar una de estas tablas de manera que la letra de mayor tamaño sea vista por el paciente de forma derecha y con un tamaño angular de  $1,00^\circ$ . El consultorio del oftalmólogo es rectangular con dimensiones  $4,20$  m  $\times$   $2,20$  m y cuenta con un espejo plano que puede instalar en cualquier pared. ¿Cuál panel debería instalar el oftalmólogo y cómo debería instalarlo?



5.9- La figura muestra un espejo retrovisor con la siguiente advertencia: "Los objetos en el espejo están más cerca de lo que parece".

- ¿El espejo es cóncavo o convexo?
- ¿Cuál es la razón práctica de su curvatura?
- Si el espejo es una sección de esfera cuyo radio de curvatura es 1,00 m, ¿a qué distancia se encontrará un vehículo de 2,00 m de ancho cuya imagen en el espejo tiene un ancho de 3,00 cm?

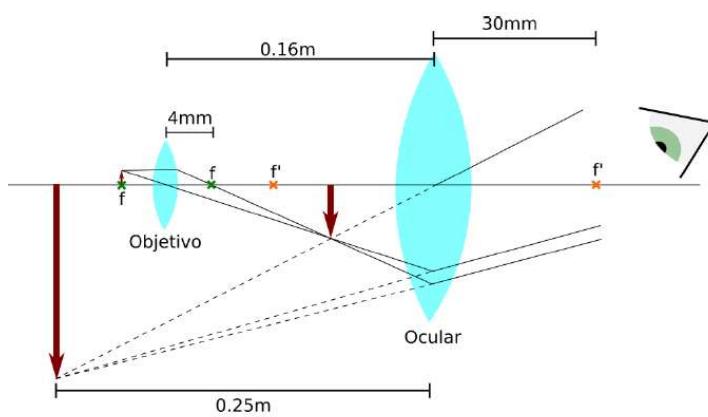


- 5.10- Lentes delgadas-** a) La distancia focal de una lente convergente es de 20,0 cm. Un objeto se coloca a 8,00 cm de la lente. ¿Dónde se encuentra la imagen del objeto? ¿Cuál es el aumento?  
 b) La distancia focal de una lente divergente es de 0,50 m. Un objeto se coloca a 1,0 m de la lente. ¿Dónde se encuentra la imagen del objeto? ¿Cuál es el aumento?  
 c) Dada una lente convergente de distancia focal  $f$ , determinar el rango de distancias al cual un objeto debe ser puesto para que su imagen sea real o virtual ¿Cuáles serán los rangos de distancias, si la lente es divergente?

- 5.11-** A un óptico le solicitan fabricar una lente de superficies esféricas y distancia focal  $f = 1,00$  m a partir de un bloque de vidrio de índice de refracción  $n = 1,50$ .
- a) ¿Qué radios de curvatura deberán tener las superficies de la lente?  
 b) ¿Existen otras combinaciones posibles de radios de curvatura que produzcan lentes de igual distancia focal?  
 c) ¿Es posible construir una lente con esa distancia focal pero una superficie esférica y otra plana?

- 5.12- Luras** a) Una lente de distancia focal 0,10 m se utiliza como lupa. ¿Cuál es el aumento?  
 b) Una lente de joyero, con longitud focal de 5,0 cm se usa como lupa. Con la lente sostenida cerca del ojo, determine: la amplificación angular cuando el objeto está en el punto focal de la lente y cuando la imagen formada por la lente está en el punto cercano del ojo (25 cm). ¿Cuál es la distancia del objeto que produce la máxima amplificación?  
 c) Un estudiante de biología usa un amplificador simple (lupa) para examinar las características estructurales del ala de un insecto. El ala se sostiene 3,50 cm enfrente de la lente y la imagen se forma a 25,0 cm del ojo. ¿Cuál es la longitud focal de la lente? Y ¿qué amplificación angular se logra?

- 5.13-** La lente de proyección de un proyector de diapositivas es un solo lente delgado. Una diapositiva de 24,0 mm de alto se está proyectando de modo que su imagen llena la pantalla de 1,80 m de altura. La distancia de la diapositiva a la pantalla es de 3,00 m.
- a) Determinar la longitud focal del lente de proyección.  
 b) ¿A qué distancia de la diapositiva debería colocarse el lente del proyector para formar la imagen en la pantalla?  
 c) Si una diapositiva iluminada se encuentra a 44 cm de una pantalla. ¿En qué posición debe colocarse una lente de longitud focal 11 cm para obtener una imagen real de la diapositiva en la pantalla?



Nuevamente se ve en el espejo, ahora aumentado por un factor  $m_2 = 2,25$ . ¿Cuál es el valor absoluto de la distancia focal del espejo en cuestión?

- 5.16- Examen diciembre 2022-** Una lente está fabricada de vidrio con un índice de refracción de 1,50. Un lado de la lente es plano y el otro es凸 (convexo) con un radio de curvatura, en valor absoluto de 20,0 cm, como se muestra en la figura de la derecha. Si un objeto de 5,00 cm se coloca a 30,0 cm delante de la lente, ¿cuál es el tamaño (en valor absoluto) de la imagen formada?



- 5.17- Segundo parcial 2021-** Se colocan dos lentes delgadas con una separación de 8,00 cm. La primera de ellas es divergente y la segunda es convergente; ambas tienen una distancia focal de 11,0 cm. Un objeto de 2,50 mm de altura se coloca a 18,0 cm a la izquierda de la lente divergente. Determinar la distancia (medida desde la lente convergente) y la altura (en valor absoluto) de la imagen final.

- 5.14-** Un microscopio tiene un objetivo de 4,00 mm de distancia focal y un ocular de distancia focal 30,0 mm. Las dos lentes se hallan a 0,16 m de distancia entre ellas, y la imagen final se forma a 0,25 m del ocular.

- a) ¿Dónde se halla la imagen formada por el objetivo?  
 b) ¿Dónde se halla la muestra con relación al objetivo?  
 c) ¿Cuál es el aumento del microscopio?

- 5.15- Examen diciembre 2023-** En un circo, se expone un espejo. Un visitante se observa en el mismo, viéndose aumentando con un factor  $m_1 = 3,00$ . Da un paso para atrás, alejándose 40,0 cm del espejo, y vuelve a observarse.

