



P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

TRABAJO PRÁCTICO Nº 13

COEFICIENTES DE FRESNEL. POLARIZACIÓN. LEY DE SNELL.

- P1.** Una onda de luz incide sobre una placa de vidrio “crown” ($n = 1,52$) inmersa en aire, con un ángulo de 30° respecto de la normal. Si el campo eléctrico de dicha onda vibra paralelo al plano de incidencia,
- Opcional
- a) calcule los coeficientes de reflexión y transmisión. ¿La onda reflejada se encuentra en fase con la onda incidente? ¿y la transmitida?
 - b) ¿Cómo se modifican sus respuestas anteriores si la onda electromagnética incide con ángulos de: 75° , $56^\circ 39' 33''$ y 0° ?
 - c) Repita los cálculos anteriores suponiendo que el campo eléctrico de la onda de luz vibra perpendicular al plano de incidencia.
- P2.** Para la placa de vidrio crown del problema anterior y utilizando los resultados encontrados,
- Opcional
- a) determine los coeficientes de reflectancia y transmitancia de la interfase para todos los ángulos de incidencia considerados anteriormente, para el caso en que el campo eléctrico vibra paralelo y perpendicular al plano de incidencia;
 - b) realice la suma de los coeficientes de reflexión R y transmisión T, para cada caso. ¿Cómo justifica el valor obtenido?
- P3.** Se hace incidir luz de intensidad $I_0 = 1400 \text{ W/m}^2$ sobre una placa de vidrio crown inmersa en aire con un ángulo de $56^\circ 39' 33''$. Suponiendo que el campo eléctrico vibra perpendicular al plano de incidencia y utilizando lo calculado anteriormente,
- Opcional
- a) determine la intensidad de la onda reflejada y de la onda transmitida.
 - b) Repita los cálculos cuando el campo eléctrico vibra paralelo al plano de incidencia.
 - c) ¿Cómo calcularía las intensidades de la onda reflejada y de la transmitida si el campo oscila a 60° respecto del plano de incidencia?
 - d) Determine la dirección de vibración del campo eléctrico de la onda reflejada y de la onda transmitida para cada caso.
- P4.** Nuevamente se hace incidir luz de intensidad $I_0 = 1400 \text{ W/m}^2$ sobre una placa de vidrio crown inmersa en aire con un ángulo de 30° . El campo eléctrico vibra con un ángulo de 60° respecto del plano de incidencia.
- Opcional
- a) Determine, utilizando lo calculado anteriormente, el ángulo entre el campo eléctrico de la onda reflejada y de la transmitida con el plano de incidencia.
 - b) ¿Cómo cambia su respuesta anterior si se hace incidir luz con un ángulo de 75° ?
- A1.** La longitud de onda de la luz roja de un láser de helio-neón es 633 nm en el aire cambiando a 474 nm en el humor acuoso del globo ocular.
- a) ¿Cambia la frecuencia de la luz al cambiar de medio?
 - b) Calcule el índice de refracción del humor acuoso.
 - c) Determine la velocidad de la luz en el humor acuoso.
- C1.** Una placa de vidrio plana refleja aproximadamente el 8% de la luz incidente para incidencia normal. Un espejo plateado común refleja más del 90% de la luz incidente. A incidencia casi rasante, la

Constantes:

Velocidad de la luz en el vacío: 300000 km/s.

Índice de refracción: aire = 1; agua = 1,33; vidrio = 1,5.

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

reflexión del vidrio es prácticamente la misma que la del espejo, es decir que casi el 100% de la luz se refleja. ¿Puede justificar este fenómeno utilizando los coeficientes de Fresnel?

- P5.** Sobre un polarizador lineal incide luz natural de intensidad I_0 . La luz, ahora polarizada, incide sobre una superficie plana de vidrio sin experimentar reflexión.
- Indique si el plano de vibración de la luz incidente coincide con el plano de incidencia en el vidrio.
 - Determine el ángulo de transmisión en el vidrio y la intensidad de la luz transmitida
 - Describa el estado de polarización de la luz reflejada si incidiera luz natural en la superficie de vidrio.
- C2.** Suponga un material transparente de índice de refracción n' inmerso en un medio con índice de refracción n . Muestre que los ángulos de polarización para la reflexión externa (la luz incide desde el medio a la interfase) e interna (la luz incide desde el material en la interfase) son complementarios.
- P6.** El Sol se ve sobre un estanque tranquilo lleno de agua. A medida que el día transcurre el Sol eleva su altitud variando el ángulo de incidencia de la luz sobre el estanque. Determine el ángulo para el cual la luz reflejada estará completamente polarizada. ¿Se propaga luz en el estanque?

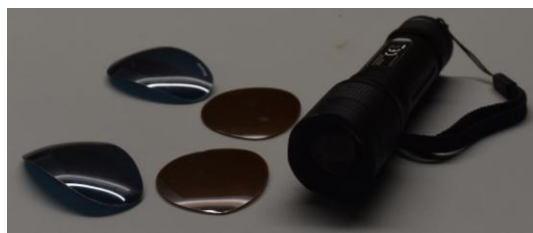
E1. **Polarización de luz**

Materiales:

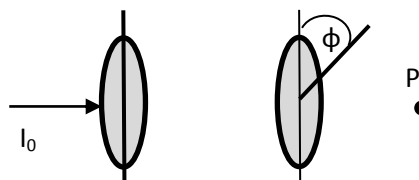
Linterna pequeña, lentes de sol (polaroid).

Armado del dispositivo (guía de ondas):

- Coloque la linterna prendida frente a uno de los vidrios del antejo.
- Ubique el segundo vidrio del antejo frente al primero y gírelo lentamente.
 - ¿Qué observa?
 - ¿Cómo puede explicar el fenómeno?



- P7.** Se hace pasar luz con intensidad I_0 a través de dos filtros polarizadores. El primer filtro tiene el eje orientado verticalmente y el segundo está rotado un ángulo ϕ respecto de la vertical. Se desea ajustar ϕ de manera que la intensidad en el punto P sea igual a la décima parte de la intensidad original.



- Si la luz original no está polarizada ¿cuál será el valor de ϕ ?
 - Si la luz original está linealmente polarizada en la misma dirección que el eje de polarización del primer polarizador ¿cuál es el valor de ϕ en este caso?
- P8.** Un arreglo de tres polarizadores se dispone en una línea de forma tal que la dirección del eje de transmisión del segundo polarizador está rotado 23° con respecto al primero y el tercer polarizador está rotado 62° con respecto al primero. Si sobre el primer polarizador incide luz natural de intensidad 75 W/cm^2 ,
- determine la intensidad al atravesar cada polarizador.
 - ¿Cuál será la nueva intensidad emergente si se retira el segundo polarizador?
 - ¿Cómo cambian sus respuestas anteriores si la luz que incide está linealmente polarizada con el eje

Constantes:

Velocidad de la luz en el vacío: 300000 km/s .

Índice de refracción: aire = 1; agua = 1,33; vidrio = 1,5.

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

de polarización formando un ángulo de 90° respecto del eje del primer polarizador?

P9. Un haz de luz que viaja por el aire incide sobre un vidrio formando un ángulo de 40° con la normal a la superficie del vidrio.

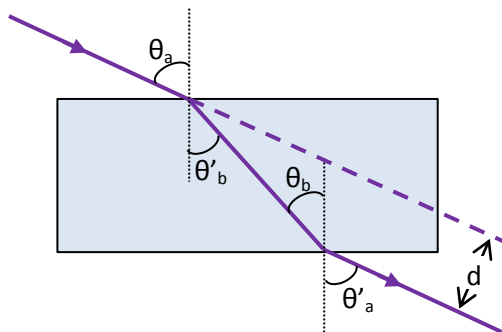
- Determine el ángulo del haz transmitido.
- ¿Se modifica su respuesta si la luz viaja por el vidrio e incide en la interfase con el mismo ángulo, es decir 40° ?
- ¿Cuál es el ángulo del haz transmitido si la luz se propaga en el vidrio e incide en la interfase con el ángulo determinado en el inciso a)?

C3. Describa la relación (mayor o menor) entre los ángulos de incidencia y transmisión cuando:

- $n_t > n_i$
- $n_t < n_i$

P10. Suponga una lámina de caras paralelas, de espesor 2 cm e índice de refracción 1,7, inmersa en un medio único de índice de refracción 1,33. Un rayo de luz incide con un ángulo de 30° .

- Demuestre que un rayo que sale de la lámina es paralelo al rayo incidente.
- Calcule el desplazamiento lateral del rayo saliente d.
- Demuestre que el rayo que se refleja en la primera cara y el que emerge luego de reflejarse en la segunda son paralelos. Realice un esquema de la situación.
- ¿Podrá existir un ángulo de incidencia tal que produzca reflexión total en la cara inferior?



C4. Discuta por qué puede verse el Sol cuando está debajo del horizonte. Realice un esquema de la situación. Tenga en cuenta que la luz del Sol atraviesa la atmósfera de la Tierra y que la densidad de la atmósfera disminuye al aumentar la altura. Recuerde que el índice de refracción depende de la densidad del medio y consecuentemente de la presión y la temperatura del medio.

E2. Reflexión y refracción de la luz en un vaso

Materiales:

Vaso de vidrio no cilíndrico, agua, leche y láser.

Armado del dispositivo:

- Coloque agua en el vaso y unas gotas de leche.
- Homogenice bien la mezcla anterior.
- Apague la luz y alumbre la superficie del vaso con el láser.
- Observe el costado del vaso.
 - Explique con los conceptos estudiados qué observa.
 - ¿Qué ocurre si ahora se alumbra el vaso con luz blanca?



C5. Suponga que un haz de luz incide desde el agua en una interfase con el aire.

- Discuta si existe algún intervalo de ángulos para los cuales ocurre la reflexión total o existe un ángulo único para dicho fenómeno.

Constantes:

Velocidad de la luz en el vacío: 300000 km/s.

Índice de refracción: aire = 1; agua = 1,33; vidrio = 1,5.

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

- Si ahora el haz procede desde el aire ¿cuál sería el intervalo o el ángulo para el que se produce reflexión total?
- ¿La reflexión total interna ocurre cuando la luz que se propaga en un medio incide en una interfase con mayor índice de refracción o cuando incide en una interfase con menor índice de refracción o en ambos casos? Justifique su respuesta.
- Explique por qué cuando la luz incide en una interfase entre dos materiales, el ángulo del rayo refractado depende de la longitud de onda, pero el ángulo del rayo reflejado no.

P11. El ángulo crítico para la reflexión total interna en una interfase líquido-aire es $42,5^\circ$.

- Si un rayo de luz proveniente del líquido incide en la interfase con un ángulo de 45° ¿qué ángulo forma el rayo refractado en el aire con respecto a la normal?
- Si ahora el rayo de luz incide con un ángulo de 35° determine el nuevo ángulo que forma el rayo refractado.

P12. Los índices de refracción de cierta clase de vidrio para el rojo y el violeta son 1,51 y 1,53 respectivamente.

- Halle los ángulos límites de reflexión total para rayos monocromáticos de los colores anteriores que inciden en la superficie de separación vidrio-aire.
- ¿Qué ocurre si sobre dicha superficie incide luz blanca con un ángulo de 41° ?

P13. Un pequeño cuerpo ubicado en el fondo de un estanque con agua a 1 m de profundidad emite rayos luminosos en todas direcciones. En la superficie, por el fenómeno de refracción, se forma un círculo luminoso. Suponiendo que fuera de este círculo los rayos se reflejan totalmente en la superficie del agua, determine el radio del círculo.

E3. Guía de ondas con botella de Mariotte

Materiales:

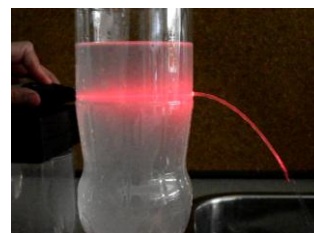
Puntero láser o linterna pequeña, cubeta, botella de Mariotte con agua y leche. Para la botella de Mariotte se necesita una botella de plástico transparente con tapa a rosca, una pajita o sorbete, clavo largo, cinta adhesiva.

Armado del dispositivo (botella de Mariotte):

- Perfore con el clavo la tapa de la botella e inserte el sorbete, debe quedar bien ajustado.
- Caliente el clavo con fuego de una hornalla, tenga la precaución de tomar el clavo con una pinza.
- Con el clavo perfore la botella en una sección recta a $1/3$ de la base.
- Cubra el orificio con la cinta adhesiva, doblando una punta para poder retirarla.
- Llene la botella de agua con leche y cierre la tapa.
 - Con los conocimientos adquiridos en Física I, explique el funcionamiento de la botella de Mariotte.

Armado del dispositivo (guía de ondas):

- Descubra el orificio de la botella.
- Apunte el puntero láser hacia el orificio desde el lado opuesto del mismo.
- Oscurezca la sala.
 - ¿Puede explicar el fenómeno que observa?



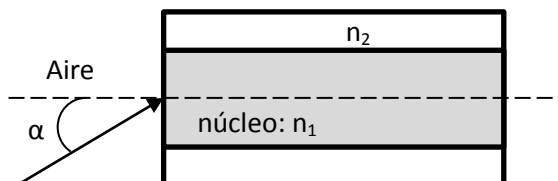
Constantes:

Velocidad de la luz en el vacío: 300000 km/s .

Índice de refracción: aire = 1; agua = 1,33; vidrio = 1,5.

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

- A2.** Una fibra óptica consiste en un núcleo central de vidrio, SiO_2 generalmente dopado con Ge, de índice de refracción n_1 rodeada de un material similar pero de índice de refracción n_2 . El ángulo de aceptación α de la fibra es el máximo valor que puede tomar el mismo sin que la luz incidente desde el aire escape del núcleo y pueda, de ese modo, propagarse por la fibra.

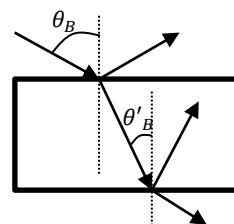


- Si la fibra trabaja por reflexión total interna, muestre que $n_2 < n_1$.
- Encuentre el ángulo de aceptación suponiendo $n_1 = 1,50$ y $n_2 = 1,49$ y que la fibra óptica está rodeada de aire.
- ¿Por qué no se utiliza una fibra “pelada” (núcleo sin su material de cobertura de índice n_2)?
- ¿Por qué en fibras para comunicaciones ópticas se utilizan materiales con índices de refracción muy próximos entre sí?

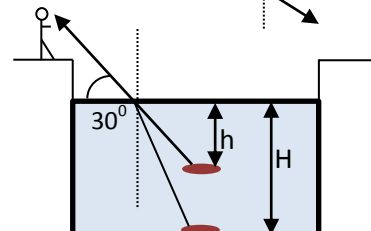
- P14.** La luz del Sol se refleja en la superficie lisa de una pileta de natación llena. Determine:

- el ángulo de incidencia para el cual el rayo reflejado está totalmente polarizado;
- el plano del vector campo eléctrico de la luz reflejada;
- el ángulo de refracción en este caso.
- Si de noche se enciende un reflector dentro de la pileta, responda los incisos anteriores tomando en cuenta que la luz blanca del reflector llega a la superficie desde el agua.

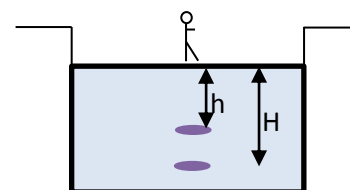
- P15.** Un bloque de vidrio está inmerso en agua. Muestre que luz natural que incide en la primera superficie con el ángulo de polarización (θ_B), será en parte transmitida a la segunda superficie y este haz transmitido incidirá en la segunda superficie con su ángulo de polarización (θ'_B). Recuerde el ejercicio **C2**.



- P16.** Una persona observa desde el aire un objeto que se encuentra en el fondo de una pileta llena de agua. El observador determina una profundidad aparente de $h = 1,8$ m. Sabiendo que su visual forma un ángulo de 30° con la superficie del agua, determine la profundidad real H a la que se encuentra el objeto.



- P17.** Si el observador del problema anterior se encuentra ahora ubicado encima de otro objeto (incidencia próxima a la normal), y estima que el mismo se encuentra a una profundidad aparente de $h = 80$ cm. Determine la profundidad real a la que se encuentra el objeto.



Constantes:

Velocidad de la luz en el vacío: 300000 km/s.

Índice de refracción: aire = 1; agua = 1,33; vidrio = 1,5.