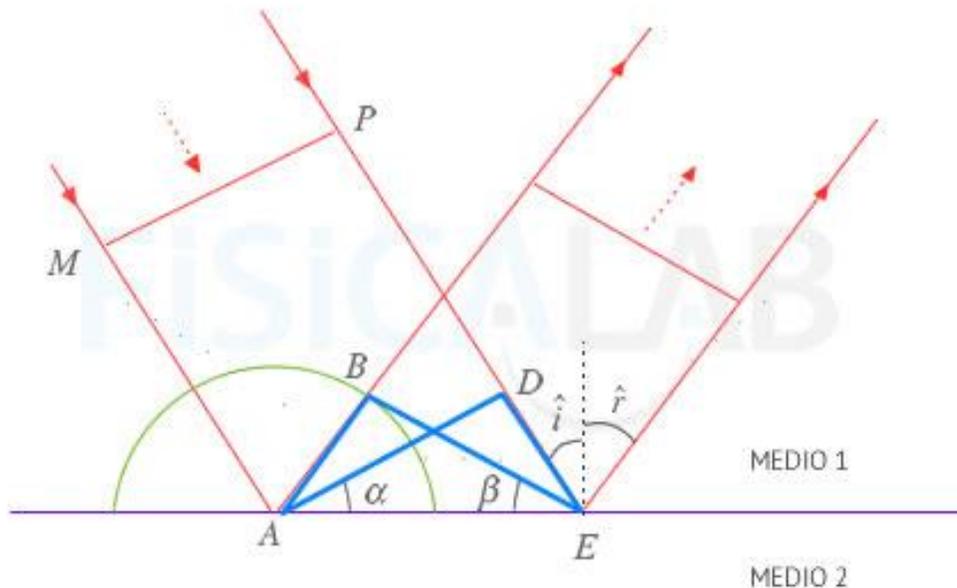


REFLEXIÓN demostrada usando Huygens



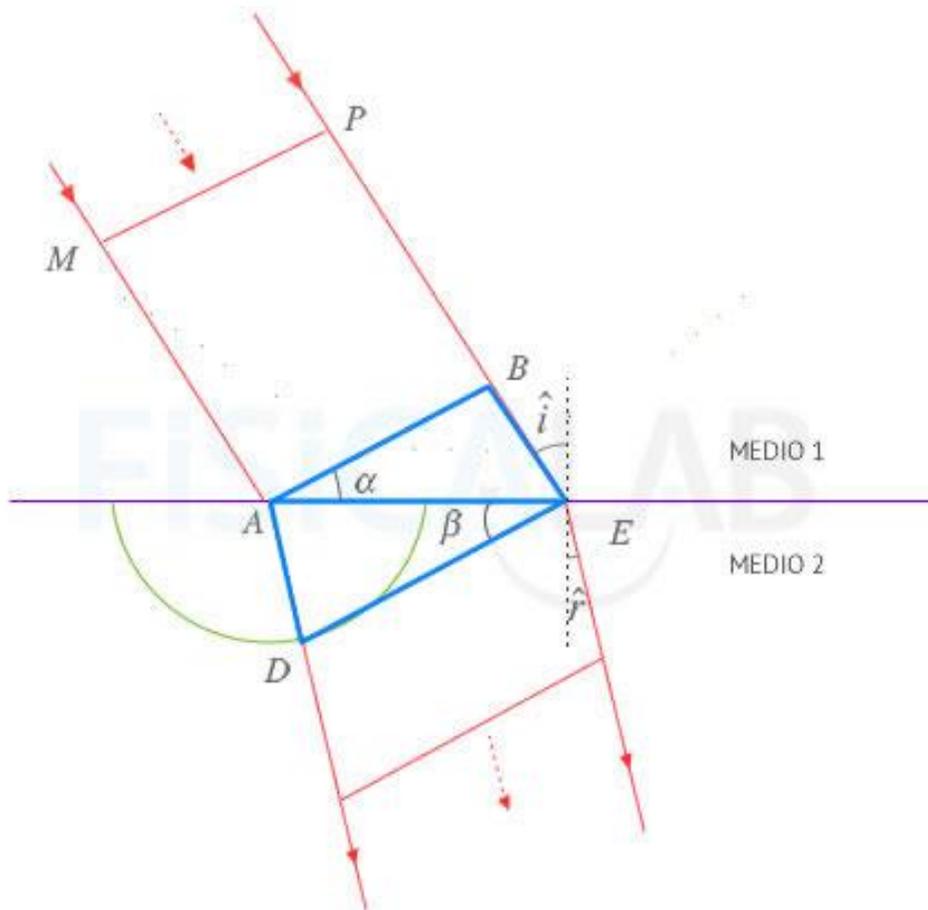
Si la fuente generadora de ondas está suficientemente lejos de la interfase, es válido considerar un frente de ondas incidente plano (líneas rosas). El segmento MP indica puntos en el espacio que tienen la misma fase entre sí y, por lo tanto, forman el frente de ondas. En cada punto, el frente de ondas se propaga por el medio 1 con una velocidad v en la dirección perpendicular al frente en dicho punto (fleche roja en el esquema). Al avanzar, el extremo M del frente de ondas encontrará primero la superficie reflectora. Esto ocurrirá en el punto A, el cual, según el principio de Huygens, se convertirá en un nuevo centro emisor de ondas secundarias esféricas. Las ondas secundarias se propagaran como círculos que en función del tiempo tendrán radios vt , donde v es la velocidad de propagación de la onda en el medio 1.

Ya que las ondas secundarias generadas en el punto A (y marcadas como un círculo verde) se propagan en el mismo medio que lo hace la onda incidente (medio 1) lo hacen a la misma velocidad v que trae la onda incidente. Esto implica que cuando el extremo D del frente incidente haya recorrido una distancia igual al segmento DE (e igual a vt), este alcanzará la interfase. Para el mismo tiempo t la onda secundaria tendrá un radio AB (siendo $DE=AB=vt$). Teniendo en cuenta, además, que cuando el extremo D alcanza el punto E, este último se convierte en un nuevo foco emisor de ondas secundarias, podemos formar los triángulos rectángulos ADE (de la onda incidente) y ABE (de la onda reflejada), y ambos son iguales al tener la hipotenusa y los lados DE y AB iguales.

Para cada triángulo podemos calcular el seno de α y β respectivamente, y de la igualdad de los triángulos deducir que los ángulos α y β son iguales. Por último solo nos queda darnos cuenta que α y β son los ángulos incidente y reflejado, pues están formados por lados perpendiculares a los de los ángulos α y β . Luego la Ley de la reflexión nos dice que:

$$\alpha = \beta \quad \text{LEY de la REFLEXIÓN}$$

REFRACCIÓN demostrada usando Huygens



La ley de la refracción fue descubierta experimentalmente en 1621 por Snel van Royen, más comunmente conocido como Snell. Sin embargo fue Huygens quien dedujo esta ley experimental, a partir del principio de Huygens que vimos en clase. Supongamos una interfase que separa dos medios con índices de refracción diferentes. Índices diferentes implica que las velocidades con las que la onda se propaga en cada medio son distintas (porque así definimos al índice de refracción). En otras palabras, la onda plana incidente que llega a la superficie de separación se propaga a velocidades v_1 por el medio 1 (medio incidente) y v_2 por el medio 2 (medio refractado). Al avanzar el frente de ondas MP, su extremo M es el primero en alcanzar la superficie de separación de ambos medios, en el punto A, el cual se convierte, según el principio de Huygens, en un foco emisor de nuevas ondas esféricas secundarias.

Estas ondas secundarias, representadas en verde penetran en el nuevo medio recorriendo el espacio AD en el mismo **tiempo** que el extremo B, del frente de ondas AB, recorre el espacio BE. Sin embargo, como ahora hay un cambio de medio (y por lo tanto un cambio en las velocidades de propagación) lo que se verifica es que:

$$BE = v_1 \cdot t$$

$$AD = v_2 \cdot t$$

Y, por lo tanto, $v_1/v_2 = BE/AD$

Por otro lado, de la definición de seno, tenemos en los triángulos BAE y AED:

$$\sin(\alpha) = BE/AE$$

$$\sin(\beta) = AD/AE$$

y, por lo tanto, $\sin(\alpha)/\sin(\beta) = BE/AD$

Teniendo en cuenta que análogamente a la reflexión estudiada antes, los ángulos α y β son iguales a los ángulos incidente y refractado, por tener sus lados respectivos perpendiculares entre sí. Finalmente:

$\sin(\alpha)/\sin(\beta) = BE/AD = v_1/v_2 = n_2/n_1$ Donde usé la definición de n ($n=c/v$), siendo c la velocidad de la luz en el vacío, n_2 es el índice de refracción del medio 2 (medio refracción) y n_1 es el índice de refracción del medio 1 (medio incidente). Demostramos entonces la Ley de Snell la cual comunmente vemos expresada como:

$$n_1 \sin(\alpha) = n_2 \sin(\beta) \quad \text{LEY de la REFRACCIÓN}$$