

Aluno (a):

Ano: 3º SM "A" e "B"

Professor: **Jailson Nobre**Data: **27.03.2020**Conteúdo: **REFRAÇÃO DA LUZ.****ATIVIDADE DE FÍSICA(02)**

“Vocês chegaram até aqui, estimados alunos, e agora estamos trabalhando juntos nessa quarentena, vocês merecem os parabéns. Por muitas dificuldades que vocês possam encontrar, NÃO DESISTAM. E, acima de tudo, se esforcem. A maior recompensa que vocês podem ter é colher os frutos de um futuro brilhante sabendo que tiveram todo o mérito neles.”

ESTUDO DA REFLEXÃO DA LUZ

Toda vez que a luz atravessa a superfície de dois meios transparentes ocorre variação de sua velocidade de propagação, quase sempre acompanhada de uma mudança de direção. Refração é a variação de velocidade sofrida pela luz ao mudar de meio.

ÍNDICE DE REFRAÇÃO ABSOLUTO (n)

É a grandeza física que mede a inércia do meio em relação à propagação da luz. Matematicamente é definido por:

$$n = \frac{c}{v}$$

Onde:

c = velocidade da luz no vácuo ($c = 3 \times 10^8$ m/s).

v = velocidade da luz no meio.

O índice de refração do vácuo será sempre 1 e também o índice de refração do ar terá aproximadamente o mesmo valor, uma vez que a velocidade da luz no ar é aproximadamente igual à velocidade da luz no vácuo. A tabela a seguir mostra os valores aproximados da velocidade da luz e dos índices de refração absolutos de alguns meios (para a luz amarela do sódio). Os valores podem variar com as impurezas e com as misturas contidas no material e, para os fluidos, também com a temperatura.

Meio	Velocidade da luz (v)	Índice de refração absoluto (n)
Ar	$\cong 3,0 \times 10^8$ m/s	$\cong 1,0$
Água	$2,250 \times 10^8$ m/s	1,333
Vidro	$\cong 1,980 \times 10^8$ m/s	1,515
Diamante	$1,241 \times 10^8$ m/s	2,417
Rutilo	$1,073 \times 10^8$ m/s	2,795

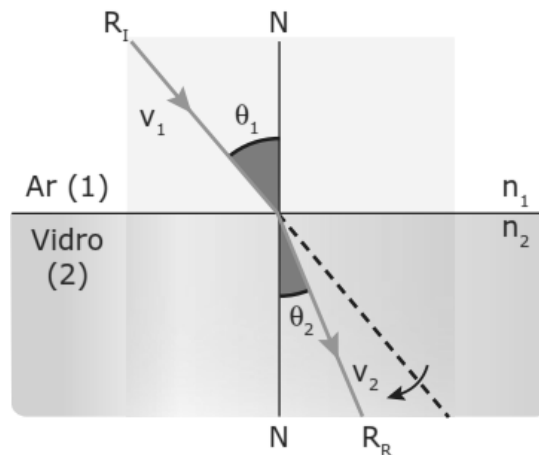
“Estudar é o caminho para o sucesso.”

Três conclusões importantes devem ser tiradas da definição e tabela anteriores.

- 1 – A velocidade da luz em qualquer meio (v) é **inversamente** proporcional ao índice de refração (n) desse meio, uma vez que a velocidade da luz no vácuo é constante.
- 2 – O **ar** pode ser considerado como apresentando o **menor** índice de refração entre todas as substâncias. O seu valor ($n_{Ar} \cong 1,0$) é importante e deve ser conhecido.
- 3 – O índice de refração (n) é um número adimensional (sem unidade de medição acompanhando seu valor numérico), uma vez que é a razão entre duas velocidades.

LEIS DA REFRAÇÃO

Quando um feixe de luz incide em uma substância, ele sofre, na maioria das vezes, refração, reflexão e absorção. Vamos considerar apenas a refração da luz, quando esta incide sobre a superfície de separação de dois meios. Se a reflexão ou a absorção forem importantes para a situação em questão, isso será especificado. A figura a seguir mostra um raio de luz que passa do **ar** (meio 1) para o **vidro** (meio 2). Observe, nesse caso, que os raios incidente e refratado têm direções diferentes.



Na figura, temos, respectivamente:

- Ar (1) e vidro (2) – meios 1 e 2;
- R_I e R_R – raios incidente e refratado;
- v_1 e v_2 – velocidade da luz nos meios 1 e 2;
- θ_1 e θ_2 – ângulos de incidência e de refração (em relação à normal);
- N – reta normal (perpendicular à superfície no ponto de incidência da luz).

As leis que regem a refração são:

1ª – O raio incidente, o raio refratado e a reta normal são coplanares.

2ª – (Lei de Snell): Os ângulos formados pelos raios incidente e refratado com a reta normal (θ_1 e θ_2), os índices de refração (n_1 e n_2) e os módulos das velocidades de propagação (v_1 e v_2) nos meios 1 e 2, respectivamente, se relacionam pelas equações:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_1 \cdot \sin \theta_1 = \sin \theta_2 \cdot n_2 \text{ ou } v_2 \cdot \sin \theta_1 = \sin \theta_2 \cdot v_1$$

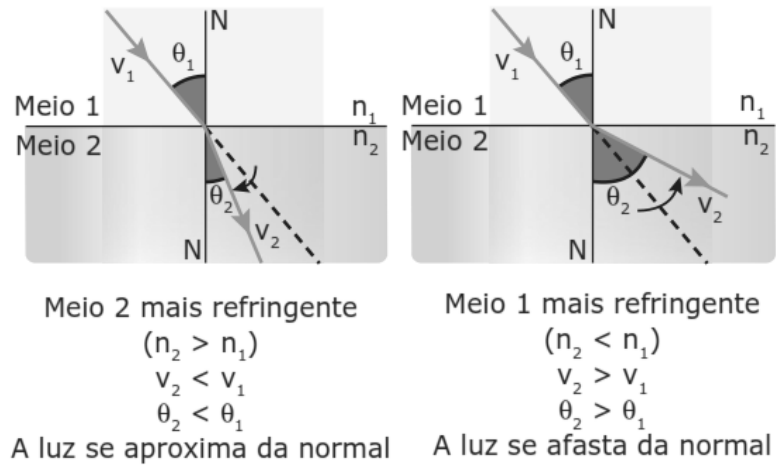
Analisando as equações anteriores, verificamos que o seno do ângulo formado pelo raio de luz com a reta normal, em um dado meio, é proporcional à velocidade de propagação da luz nesse meio e

“Estudar é o caminho para o sucesso.”

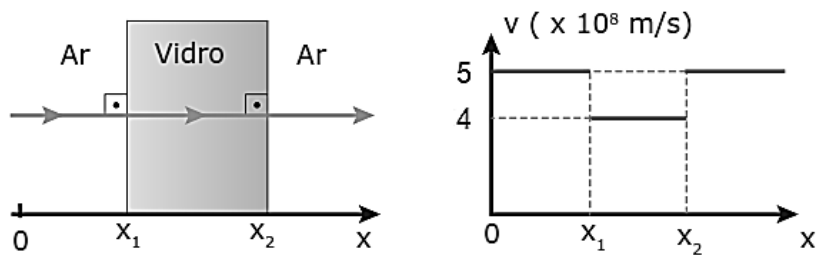
inversamente proporcional ao índice de refração do respectivo meio. O seno de um ângulo agudo é tanto maior quanto maior for o ângulo em questão. Assim, podemos dizer que quanto maior o ângulo formado com a normal, maior a velocidade de propagação da luz e menor o índice de refração absoluto daquele meio.

$$\theta_2 < \theta_1 \Rightarrow \begin{cases} v_2 < v_1 \\ n_2 > n_1 \end{cases}$$

A luz, ao sofrer refração, pode se **aproximar** ou se **afastar** da normal, dependendo dos meios envolvidos. Veja as figuras a seguir.



Um caso especial de refração ocorre quando $\theta_1 = 0^\circ$ (a luz incide perpendicularmente à superfície). Assim, a incidência ocorre sobre a normal, e a **luz se refrata sem sofrer desvio**. Um raio de luz atravessando uma placa de vidro imersa no ar. O raio, ao entrar na placa de vidro ou ao sair dela, sofre refrações sem desvio, pois incidiu sempre perpendicularmente às superfícies de separação dos meios. Veja, também, o gráfico da velocidade da luz em função da posição desta ao longo do trajeto.

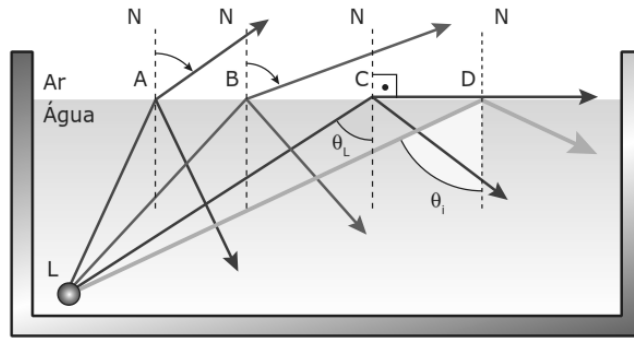


REFLEXÃO TOTAL

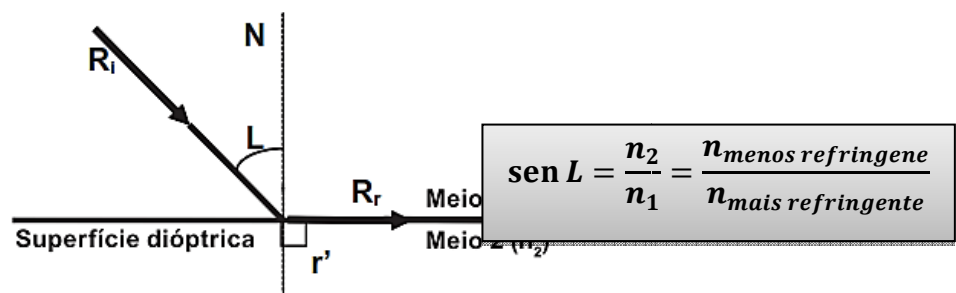
Consideremos um recipiente largo contendo água. Uma pequena lâmpada L, que irradia luz monocromática, está afixada no canto inferior do recipiente, conforme mostrado na figura a seguir. As linhas pontilhadas representam as normais (N) nos pontos A, B, C e D. Observe que o raio **LA**, ao incidir sobre a superfície de separação entre a água e o ar, sofre os fenômenos de reflexão e de refração. O raio refratado afasta-se da normal, pois o índice de refração do ar é menor que o da água. O mesmo fato ocorre como raio incidente **LB**. Nesse caso, porém, o raio refratado afasta-se da normal de forma mais

“Estudar é o caminho para o sucesso.”

acentuada do que o raio **LA**. Isso ocorre porque, de acordo com a Lei de Snell, quanto maior for o ângulo de incidência, maior será o ângulo de refração.



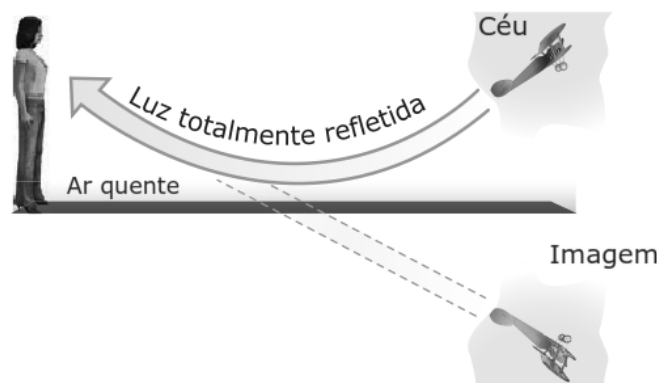
O raio **LC**, cujo ângulo de incidência θ_L , chamado de **ângulo limite**, é o maior ângulo para o qual ainda ocorre o fenômeno de refração. Observe a figura com atenção e veja que o raio refratado em C se propaga no ar, porém, rasante à superfície da água. Assim, o ângulo de refração é 90° .



Se a incidência, nas condições acima, ocorrer com ângulo de incidência maior que L , então ocorrerá a reflexão total.

MIRAGEM

As miragens, também conhecidas como **espelhismo**, é o fenômeno de formação de imagens pelo ar quente sobre o asfalto ou sobre outra superfície aquecida. A película de ar em contato com o asfalto está a uma maior temperatura que o ar acima dela. Sabe-se que a velocidade da luz no ar é maior para temperaturas mais elevadas. Para que o fenômeno da reflexão total possa ocorrer, a luz deve se propagar de uma região de menor velocidade para outra de maior velocidade. A luz que vem em direção ao solo pode sofrer reflexão total ao se aproximar do chão e, pode atingir os olhos do observador.



a imagem dos pneus de um carro formada pela reflexão total que ocorre no ar aquecido próximo ao asfalto.

“Estudar é o caminho para o sucesso.”



Existem dois tipos de miragem as superiores e as inferiores.

- Miragens inferiores ocorrem em climas quentes, nelas nos observamos objetos abaixo da sua posição real.
- Miragens superiores ocorrem em locais frios, nela nos avistamos objetos acima da sua posição real, um exemplo seria avistarmos objetos no mar, lembrando que a Terra tem uma curvatura, seria impossível vermos navios ou geleiras a 300 km de distância, mas devido a esse tipo de miragem é possível avistá-los.

FÍBRA ÓPTICA

A fibra óptica é constituída de um núcleo de material transparente que apresenta um índice de refração muito elevado em relação ao do material que o reveste.



O ângulo limite entre o núcleo da fibra óptica e o material do revestimento é muito Pequeno ($n_{\text{núcleo}} > n_{\text{casca}}$). Um raio de luz que penetra em um dos lados de uma fibra óptica sofre múltiplas reflexões totais, saindo do outro lado com poucas perdas.

DIÓPTROS

Definição: é a união de dois meios ordinários (homogêneos). Os dióptros podem ser: planos, esféricos etc.

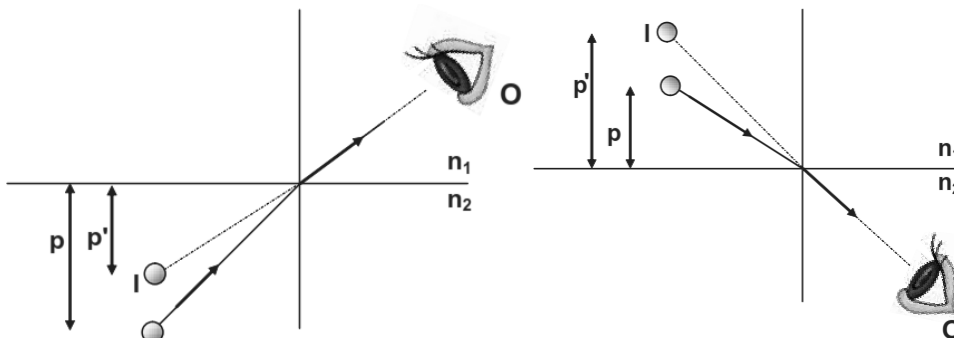
DIÓPTRO PLANO

É aquele constituído por uma superfície plana separando dois meios homogêneos e transparentes, com índices de refração diferentes. O exemplo mais simples de um dióptro plano é o par ar e água.

$$\text{Equação do dióptro plano: } \frac{p}{p'} = \frac{n_{\text{Objeto}}}{n_{\text{Observador}}}$$

FORMAÇÃO DE IMAGENS

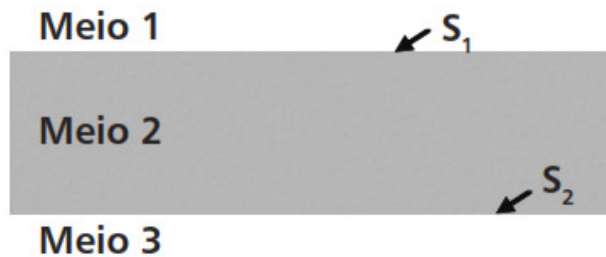
De uma forma geral tem-se, para $n_1 > n_2$:



LÂMINAS DE FACES PARALELAS

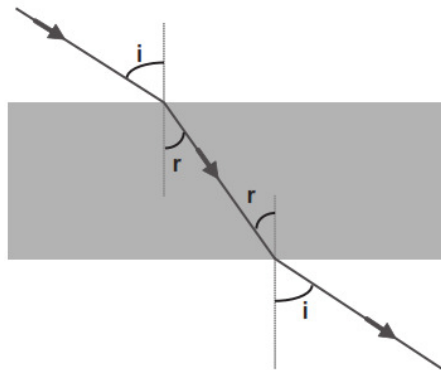
Na figura abaixo vemos dois dióptros planos. O primeiro é constituído pelos meios 1 e 2 e pela superfície de separação S_1 . O segundo pelos meios 2 e 3 e pela superfície S_2 .

“Estudar é o caminho para o sucesso.”

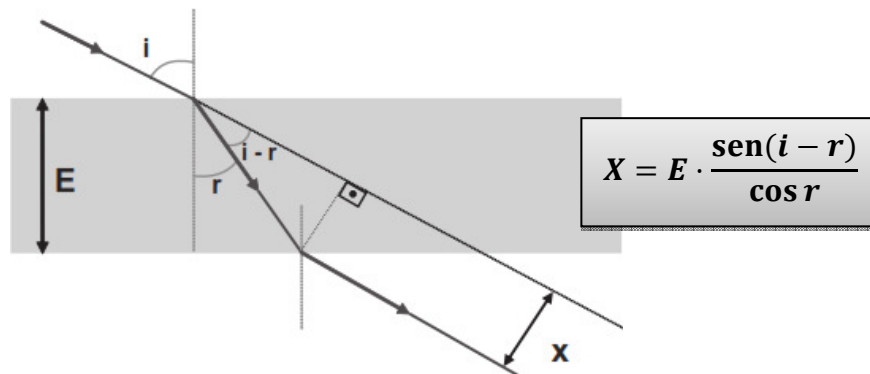


Para o caso em que as duas superfícies S_1 e S_2 forem planas e paralelas, o meio 2 constituirá o que se chama de lâmina de faces paralelas. A vidraça de uma janela é um exemplo desse tipo de lâmina na qual os meios 1 e 3 são o ar e o meio 2 o vidro.

- **Propriedade:** Numa lâmina de faces paralelas os raios incidentes e emergentes são paralelos.

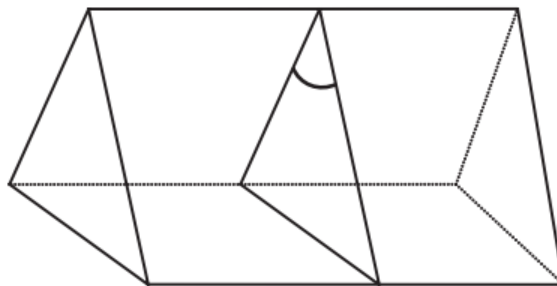


- **Deslocamento Lateral:** é a distância x entre os raios a e b que, como vimos, são paralelos.



PRISMAS

São compostos pela associação de dois dióptros, porém as superfícies de separação entre os meios não são paralelas.

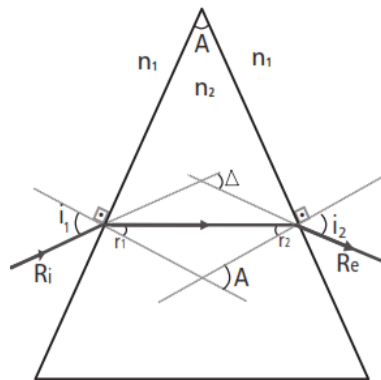


Elementos

- **Faces:** são os dois dióptros.
- **Aresta:** intersecção das faces.
- **Secção transversal:** intersecção com o prisma de um plano perpendicular à sua aresta.
- **Abertura:** ângulo entre as faces.
- r_1 = ângulo de refração na primeira face.
- r_2 = ângulo de incidência na segunda face.
- i_2 = ângulo de refração na segunda face.

“Estudar é o caminho para o sucesso.”

- Δ = ângulo de desvio do raio luminoso.



EQUAÇÕES

- Refração na 1ª Face: $n_1 \cdot \text{sen } i_1 = n_2 \text{sen } r_1$
- Refração na 2ª Face: $n_2 \cdot \text{sen } r_2 = n_1 \text{sen } i_2$
- Da Geometria: $A = r_1 + r_2$ e $\Delta = i_1 + i_2 - A$

Desvio mínimo

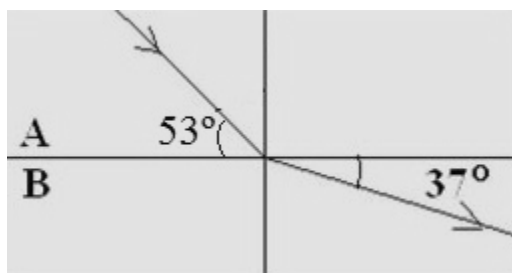
Demonstra-se que, para n e A constantes, o desvio é função do ângulo de incidência i . Lembrando do princípio da reversibilidade dos raios, vemos que i_2 é igual ao ângulo de refração na segunda face quando o ângulo de incidência na primeira for i_1 . Daí vem que na situação de desvio mínimo: $i_1 = i_2 = i_3$.

EXERCÍCIO COMPLEMENTAR.

1 – A luz amarela se propaga em um determinado vidro com velocidade de 200.000 km/s. Sendo 300.000 km/s a velocidade da luz no vácuo, determine o índice de refração absoluto do vidro para a luz amarela:

- $n = 1,1$
- $n = 1,2$
- $n = 1,3$
- $n = 1,4$
- $n = 1,5$

2 – Na figura adiante, um raio de luz monocromático se propaga pelo meio A, de índice de refração 2,0. (Dados: $\text{sen. } 37^\circ = 0,60$ $\text{sen. } 53^\circ = 0,80$)



Devemos concluir que o índice de refração do meio B é:

- 0,5
- 1,0
- 1,2
- 1,5
- 2,0

“Estudar é o caminho para o sucesso.”

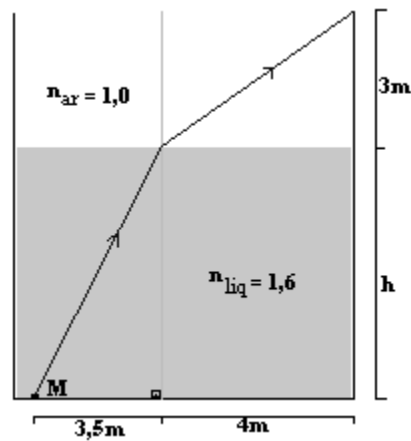
3 –Na refração de um raio luminoso monocromático, os ângulos de refração e de incidência valem, respectivamente, 45° e 30° . Determine o índice de refração relativo do meio que contém o raio refratado em relação ao meio que contém o raio incidente.

4 –A luz vermelha se propaga no vácuo com velocidade 3×10^8 m/s e no vidro com velocidade de $2,5 \cdot 10^8$ m/s. Um raio de luz que se propaga do vidro para o vácuo incide com 30° .

a) Determine o seno do ângulo de refração.

b) Faça um esquema da refração.

5 –Um recipiente contém líquido de índice de refração absoluto igual à 1,6, até uma altura h . Um raio de luz proveniente de uma fonte de luz M , que está no fundo do recipiente, se refrata na superfície do líquido e passa rente à parede lateral do recipiente, como mostra o esquema abaixo. Considerando as medidas da figura, determine o valor da altura h .



Resolvam os exercícios da apostila (UNIDADE 4)