Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Campus São Paulo

Óptica

REFRAÇÃO - Lentes

3ª série Ensino Médio Integrado - 2.013

André Cipoli

• Refração

Para meios transparentes e homogêneos

"O raio incidente, o raio refratado e a normal, no ponto de incidência, estão contidos num mesmo plano."

Índice de Refração Absoluto (n) $\longrightarrow n = \dfrac{c}{v}$

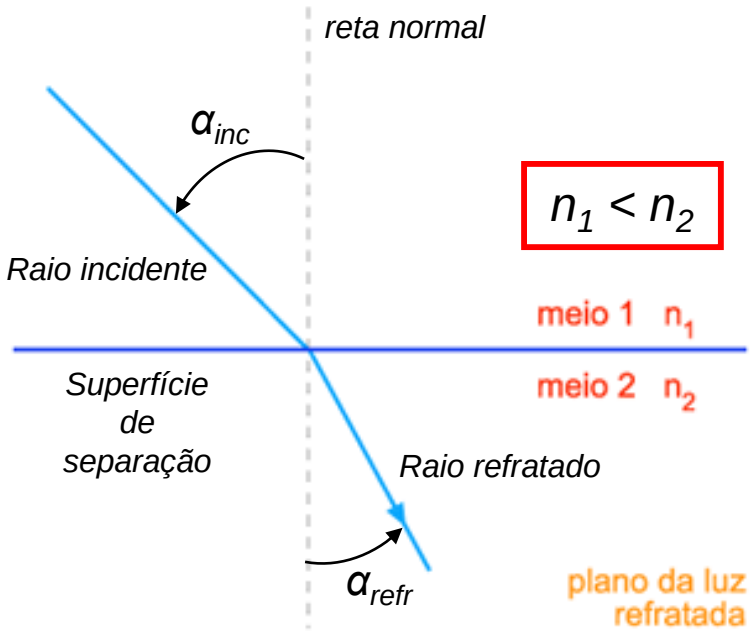
c → velocidade da luz no vácuo

v → *velocidade da luz* no ***meio***

$$\boxed{n_{vácuo} = 1}$$

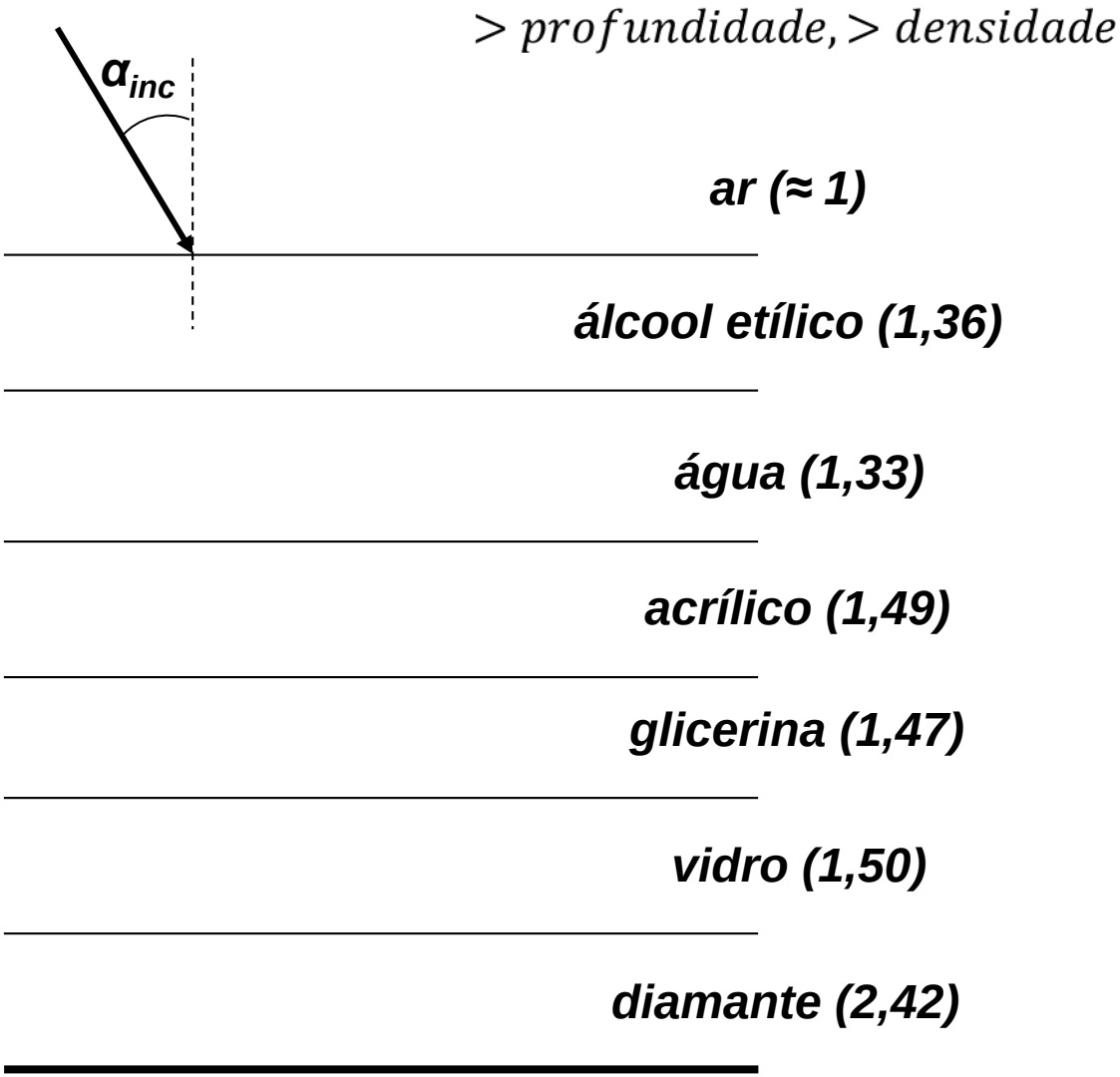
Meio material	*Índice de Refração (n)*	*Densidade (kg/m³)*
ar	≈ 1,00	1,204
álcool etílico	***1,36***	***790***
água	***1,33***	***1.000***
acrílico	***1,49***	***1.190***
glicerina	***1,47***	***1.260***
vidro	1,50	2.500
diamante	2,42	3.480

meio (-) refringente



meio (+) refringente

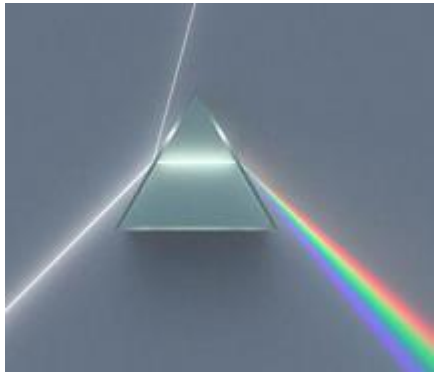
• ***Desafio*** : Determine, **qualitativamente**, o caminho dos raios refratados ao longo de todas as substâncias abaixo (os índices de refração estão entre parênteses).



• Refração

Lei de Snell - Descartes

Willebrord Snell
1580 - 1626



Dispersão da luz

René Descartes
1596 - 1650

"Os senos dos ângulos de incidência e de refração são diretamente proporcionais às velocidades da onda luminosa nos respectivos meios."

$$n_1 . sen\alpha_{inc} = n_2 . sen\alpha_{refr}$$

Índice de refração da luz **violeta** no ***ar*** = *1,0002957*

Índice de refração da luz **vermelha** no ***ar*** = *1,0002914*

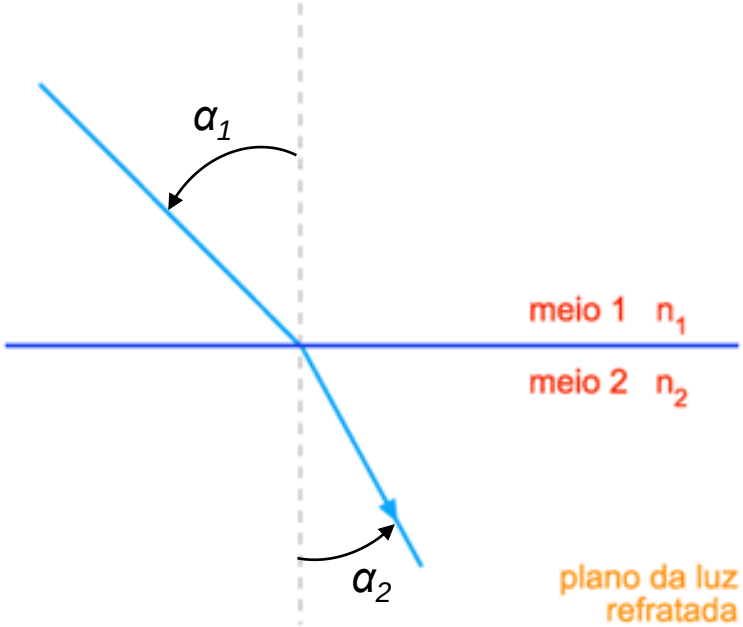
Luz monocromática	*Índice de refração (n) de um cristal*
Violeta	**1,94**
Azul	**1,60**
Verde	**1,44**
Amarela	**1,35**
Alaranjada	**1,30**
Vermelha	**1,26**

- Dedução da ***Lei de Snell – Descartes***

$$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2} = \frac{v_1}{v_2} \qquad n = \frac{c}{v} \rightarrow \quad v = \frac{c}{n}$$

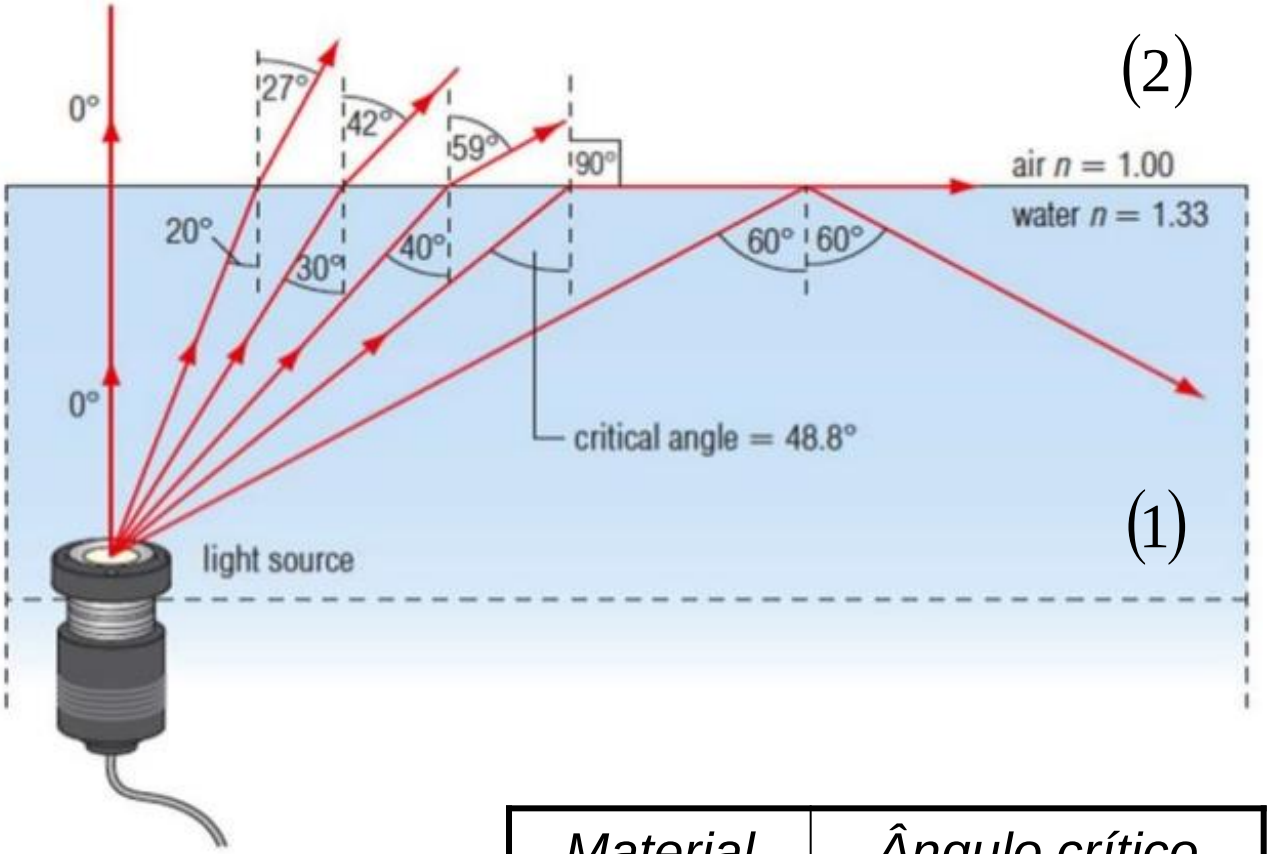
$$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2} = \frac{\frac{\cancel{c}}{n_1}}{\frac{\cancel{c}}{n_2}}$$

$$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$



$$n_1 . \sin\alpha_1 = n_2 . \sin\alpha_2 \rightarrow \qquad \boxed{n . \sin\alpha = cte}$$

Reflexão Total



$$n_1.sen\alpha_1 = n_2.sen\alpha_2$$

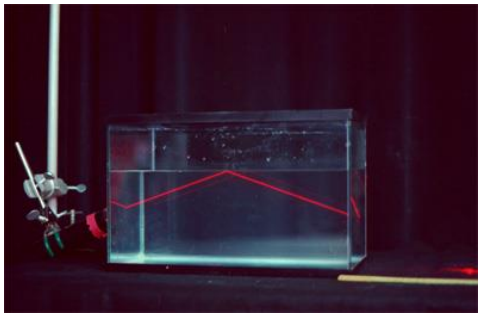
$$n_1.senL = \cancel{n_{ar}}.\cancel{sen90°}$$

$$1 \qquad 1$$

$$n_1.senL = 1$$

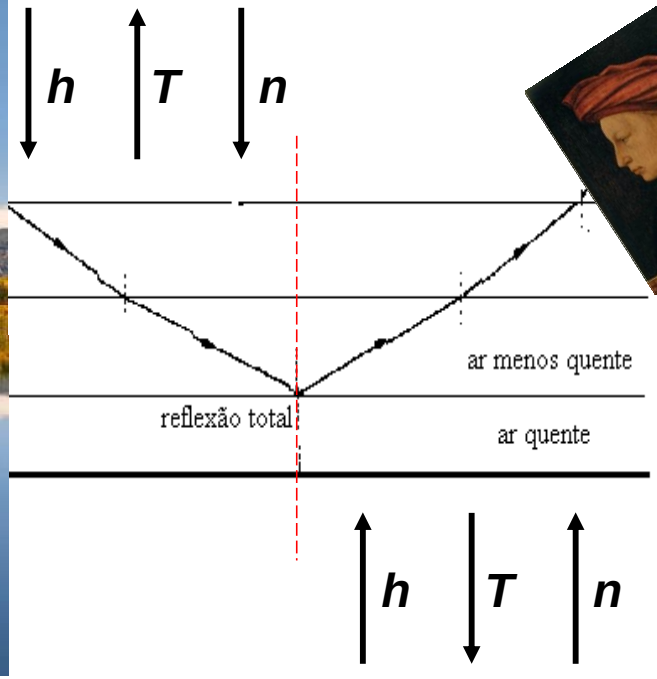
$$\boxed{n_1 = \frac{1}{senL}}$$

Material	*Ângulo crítico*
água	*49º (n = 1,33)*
vidro	*42º (n = 1,52)*
diamante	*24º (n = 2,42)*



- ***Reflexão Total***

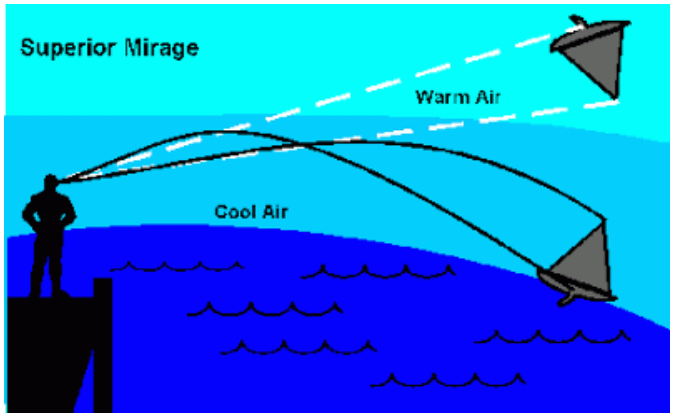
- ***Miragem***



"Masaccio"
Artista florentino
1401 - 1428

- *“**Fata Morgana**”*

↑ ***h***, ↑ ***T*** ↓ ***n***

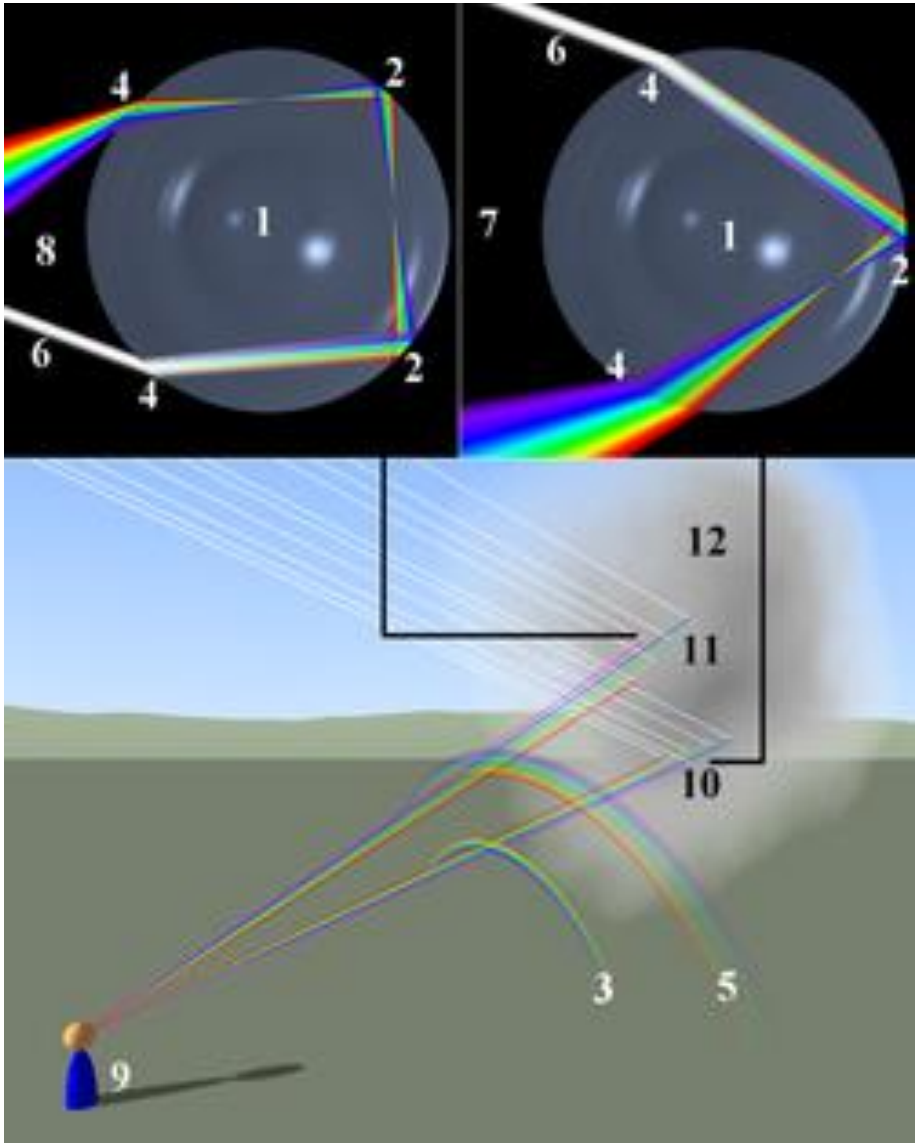


Nordaustlandet Island
Arquipélago Svalbard, Noruega

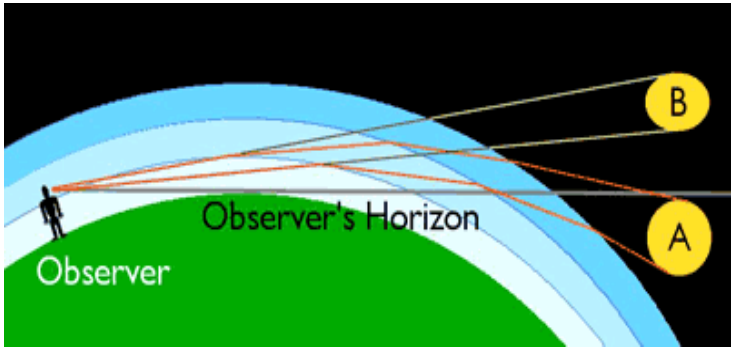
Porto de Vitória, Colúmbia Britânica
Canadá

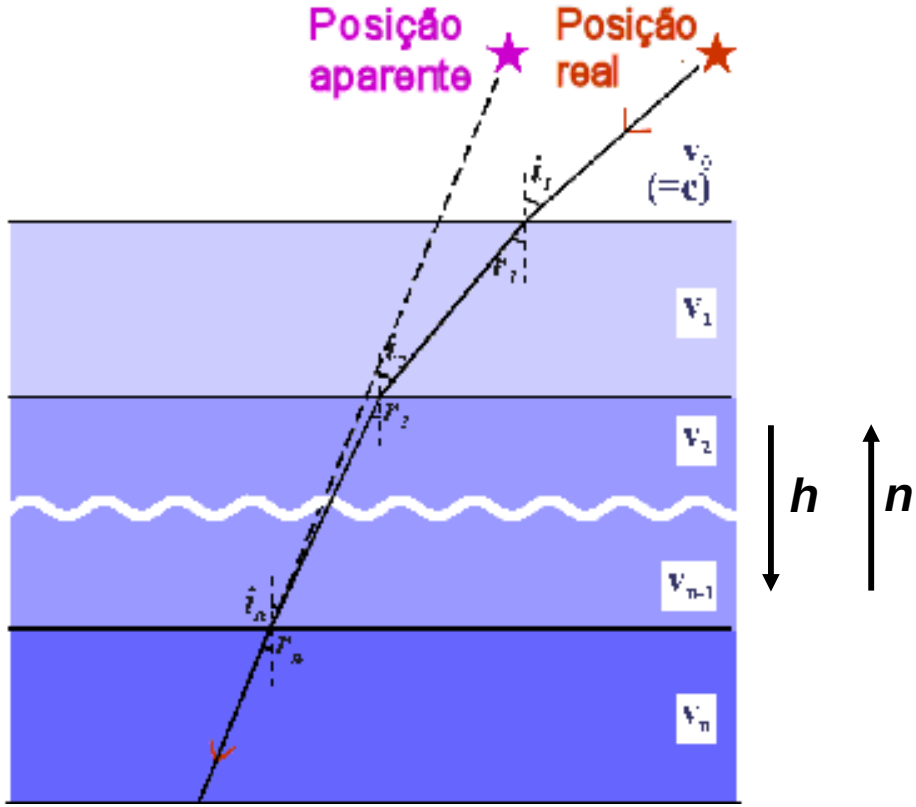
- ***Arco-íris***

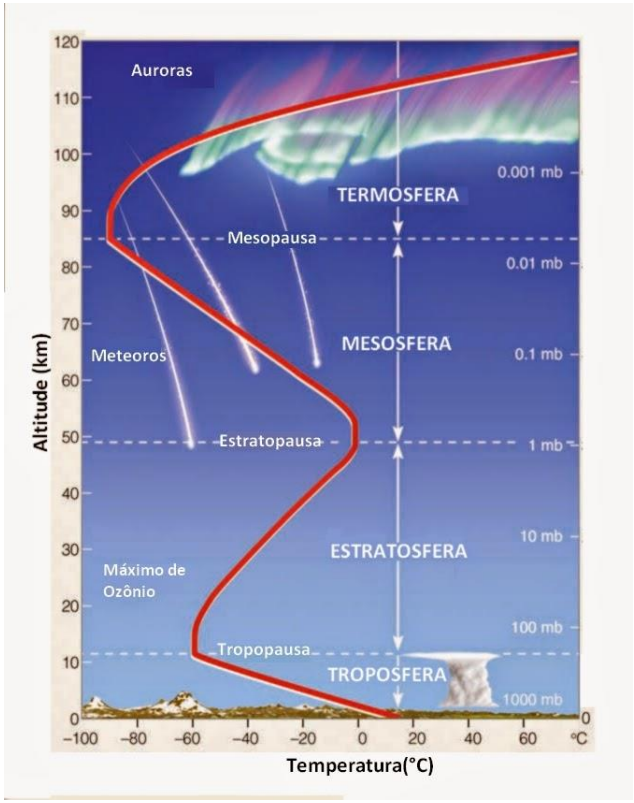
Arco Primário *Arco Secundário*



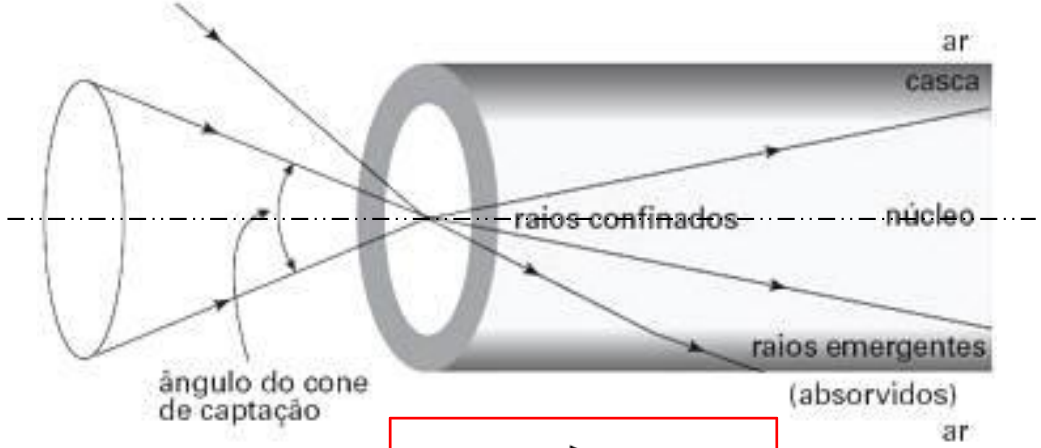
- ***Refração Atmosférica***







- ***Fibra Óptica (Sílica – SiO_2)***



$$n_{núcleo} > n_{casca}$$

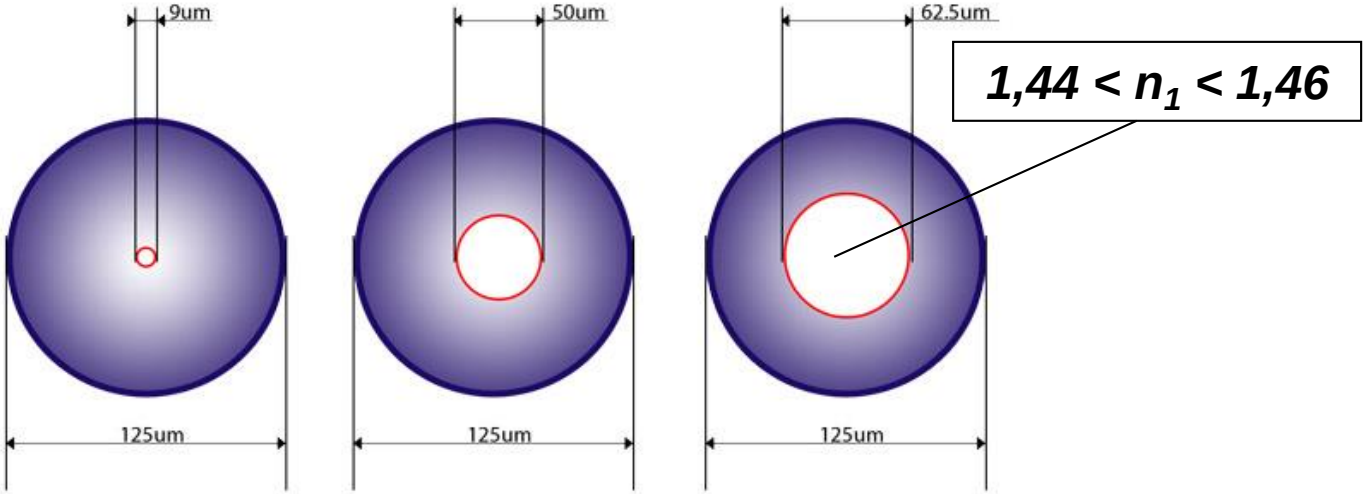
Narinder Singh Kapany
1926 - 2020

Para os valores abaixo, determinar a melhor combinação entre n_1 e n_2 para o maior ângulo do cone de captação.

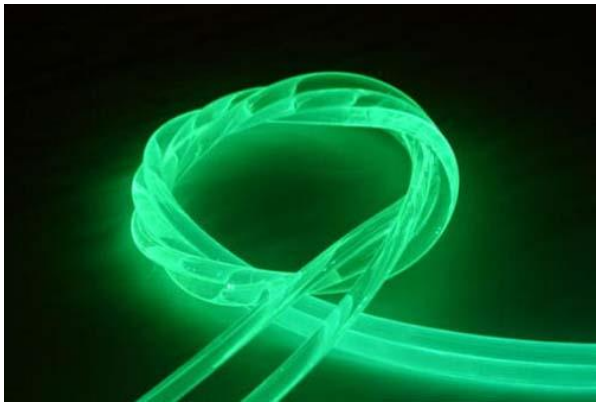
$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

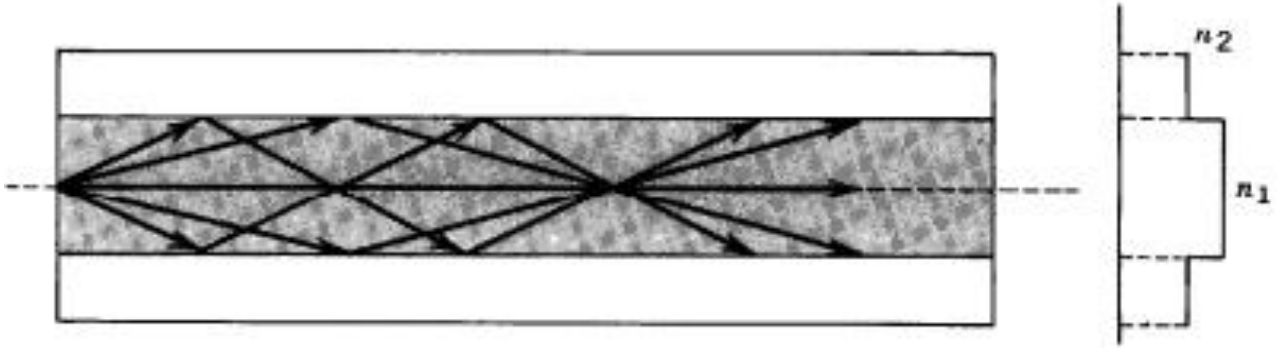
$$0{,}001 < \Delta < 0{,}02$$

Índice de refração fracional

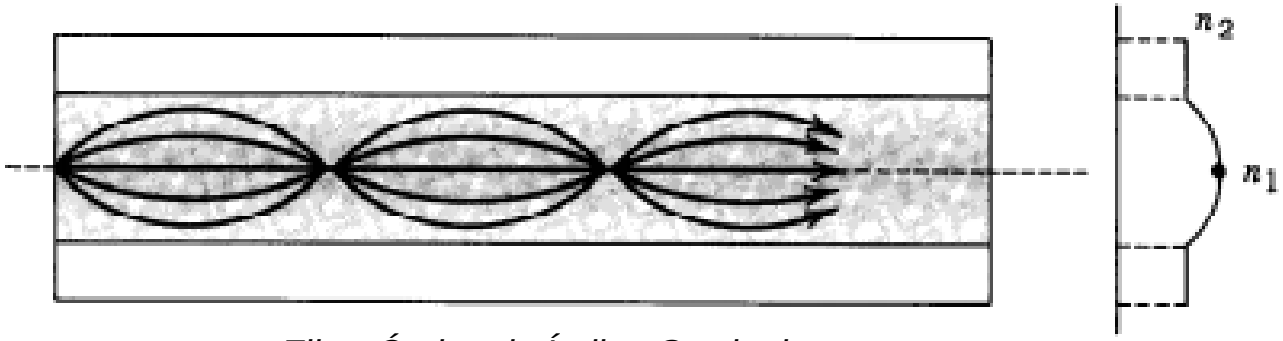


- Alguns tipos de ***F.O.***





Fibra Óptica de Índice Degrau



Fibra Óptica de Índice Gradual

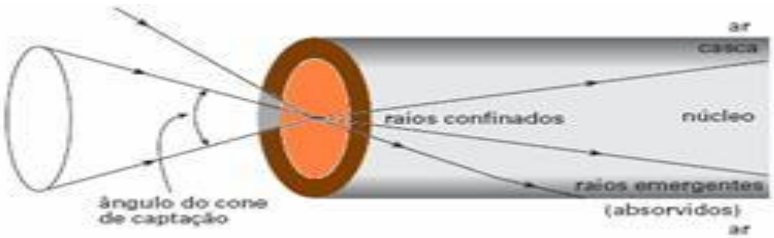
http://opt.zju.edu.cn/zjuopt2/upload/resources/chapter8%2520Fiber%2520Optics.pdf

Não se esqueça de assistir ao seguinte vídeo:

- https://www.youtube.com/watch?v=gvUfJXHybIY - Refração luminosa

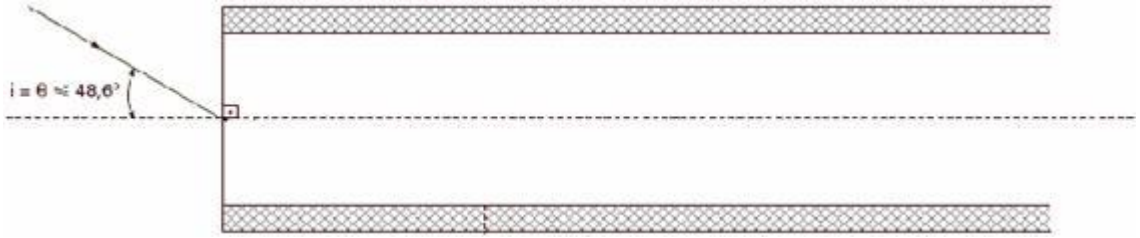
https://www.researchgate.net/publication/309805684_As_Cores_da_Lua_cheia

1) (UNIFESP-SP) A fibra óptica possibilita o transporte da luz ou de outra radiação eletromagnética, confinando esses raios, por meio da reflexão total, entre o núcleo e a casca da fibra. Há vários tipos de fibras ópticas. A figura abaixo representa um deles.



Três fatores são relevantes para o estudo desse tipo de fibra óptica: o ângulo de recepção (θ) com que o raio de luz incide no núcleo da fibra, e que é igual à metade do ângulo de captação, o índice de refração do núcleo (n_n) e o índice de refração da casca (n_c). Neste caso são dados: $\theta = 48{,}6^o$, $n_n = 1{,}50$ e $n_c = 1{,}30$.

a) Complete na figura abaixo a trajetória do raio de luz que incide na fibra dentro do cone de captação, penetra no núcleo da mesma e que se reflita pelo menos duas vezes na superfície interior da casca com ângulo de incidência (i') e de reflexão (i').



b) Determine o valor do ângulo de refração (r) no interior do núcleo da fibra quando o raio de luz incidir na mesma com ângulo $\theta = 48{,}6^o$, tal que senθ = 0,75.

c) Qual é o valor de i' ?

d) Explique o motivo de o raio de luz sofrer reflexão total no interior da fibra, considerando sen60º = 0,88603 e sen59º = 0,86666.

2) (UFPR 2009) Na década de 80 do século passado, foi inaugurado o primeiro cabo submarino feito de fibra ótica. Atualmente todos os continentes da Terra já estão conectados por cabos submarinos feitos dessa fibra. Na comunicação por fibra ótica, o sinal se propaga obedecendo a um importante fenômeno da ótica geométrica. Assinale a alternativa que apresenta esse fenômeno.

a) Refração
b) Reflexão interna total
c) Dispersão
d) Reflexão difusa
e) Absorção.

3) ENEM 2014

Uma proposta de dispositivo capaz de indicar a qualidade da gasolina vendida em postos e, consequentemente, evitar fraudes, poderia utilizar o conceito de refração luminosa. Nesse sentido, a gasolina não adulterada, na temperatura ambiente, apresenta razão entre os senos dos raios incidente e refratado igual a 1,4. Desse modo, fazendo incidir o feixe de luz proveniente do ar com um ângulo fixo e maior que zero, qualquer modificação no ângulo do feixe refratado indicará adulteração no combustível.

Em uma fiscalização rotineira, o teste apresentou o valor de 1,9. Qual foi o comportamento do raio refratado?

a. Mudou de sentido.

b. Sofreu reflexão total.

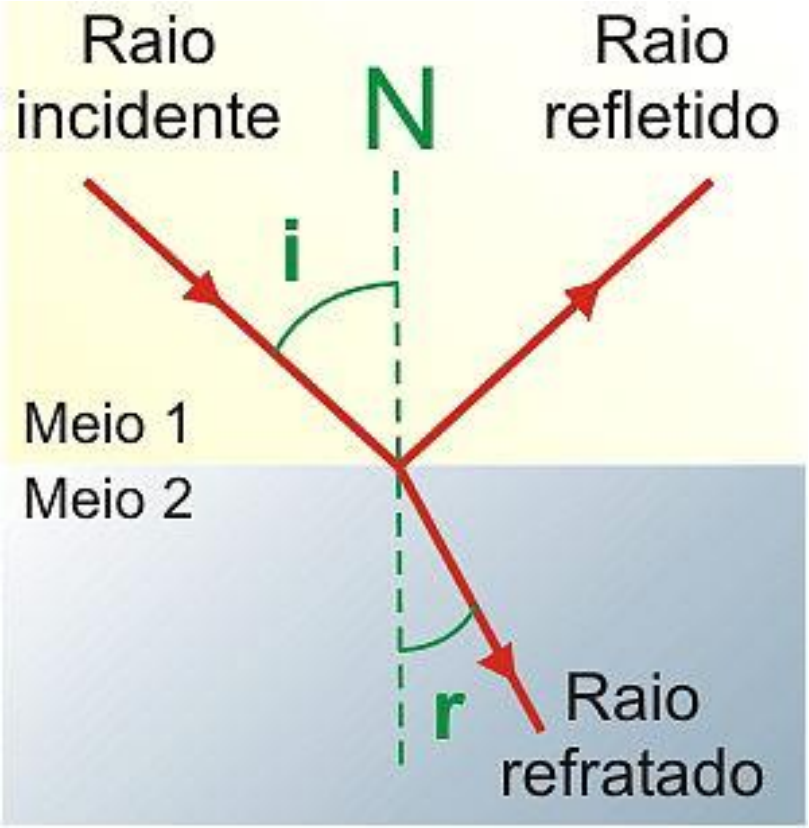
c. Atingiu o valor do ângulo limite.

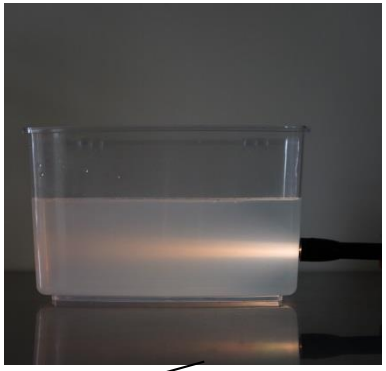
d. Direcionou-se para a superfície de separação.

e. Aproximou-se da normal à superfície de separação

Atenção 1!!

Vários fenômenos luminosos podem aparecer ao mesmo tempo!!!

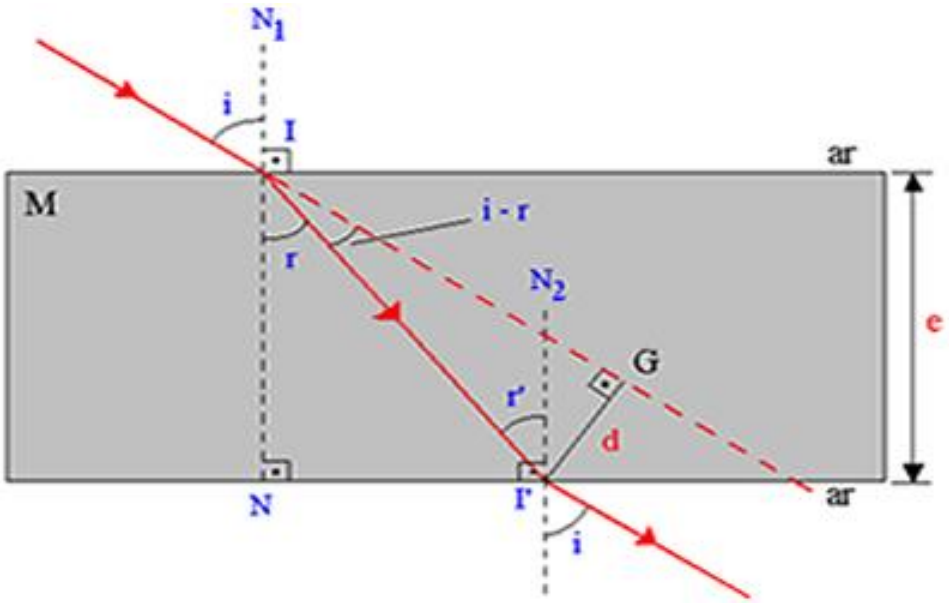


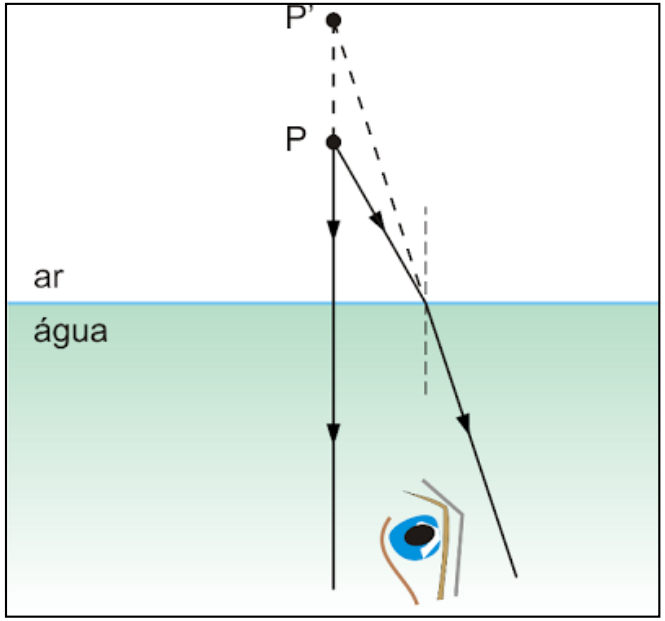


$$E_{incid.} = E_{reflet.} + E_{refrat.} + E_{absorv.} + E_{espalh.}$$

Dioptro Plano

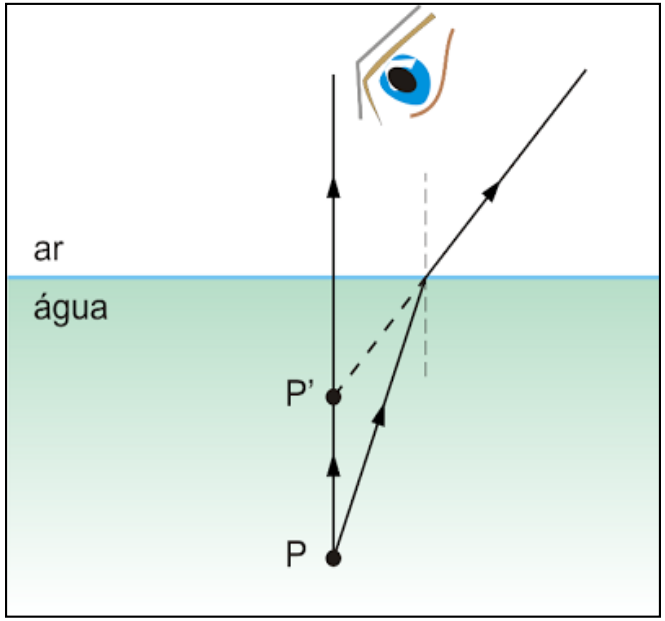
Placa transparente
com superfícies planas
e paralelas



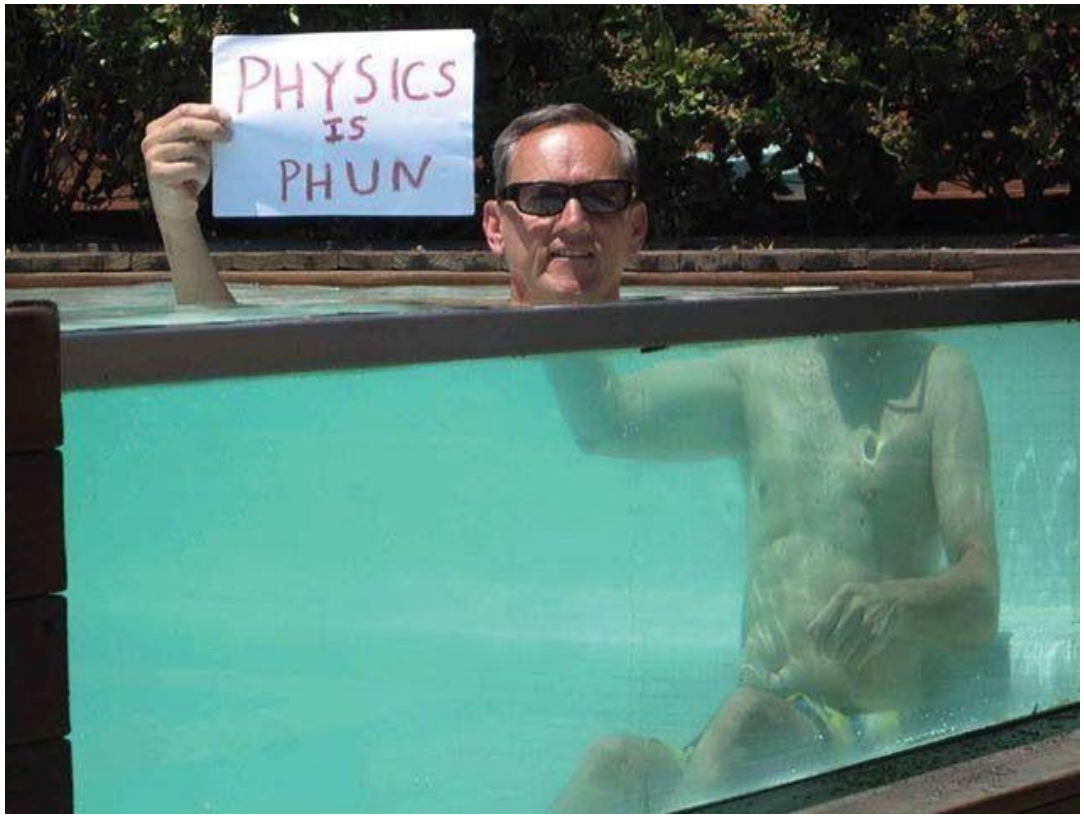


Objeto
emerso e
observador
mergulhado

Objeto
imerso e
observador
no ar



Exemplos



Introdução às Lentes

Tipos de Lentes Esféricas

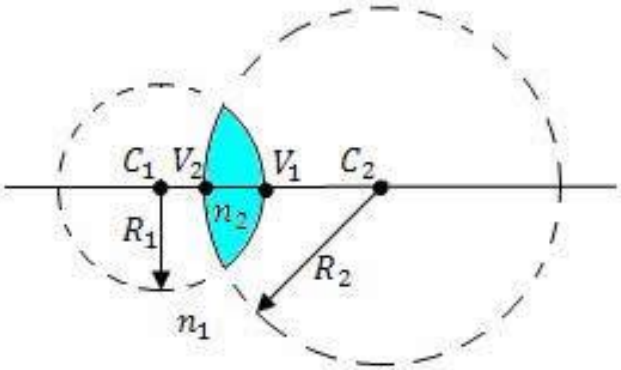
Referência: ***maior*** raio de curvatura

Eixo Principal

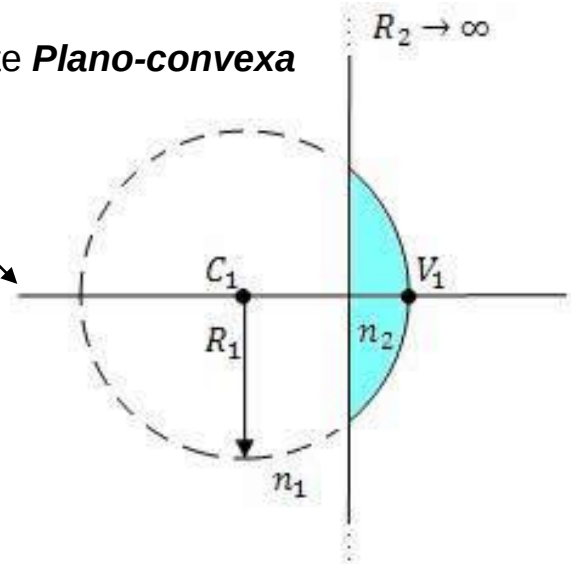
ou

Eixo Óptico

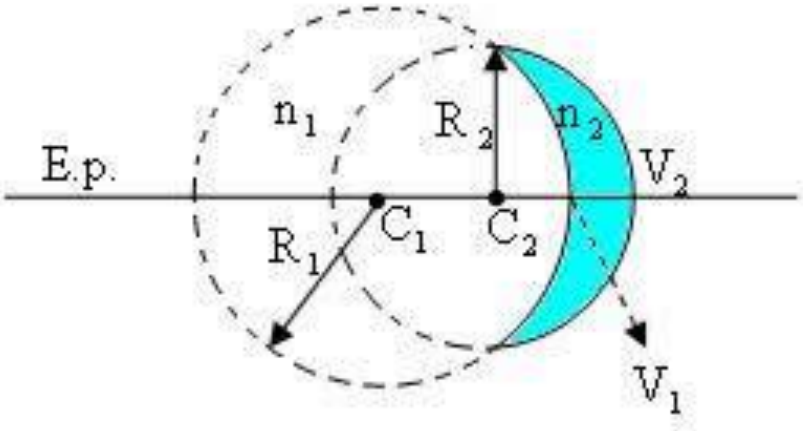
• Lente ***Biconvexa***



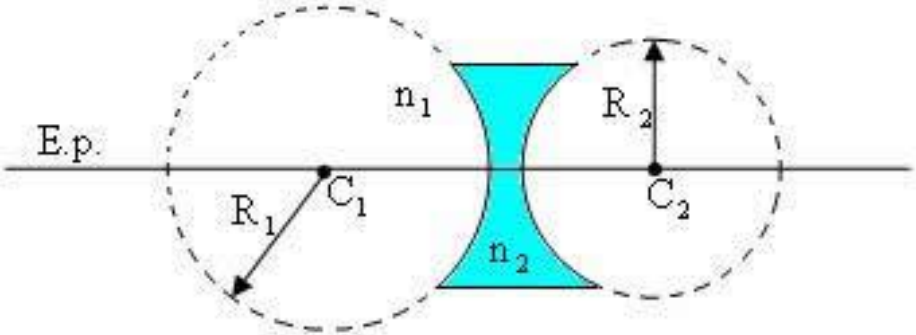
• Lente ***Plano-convexa***



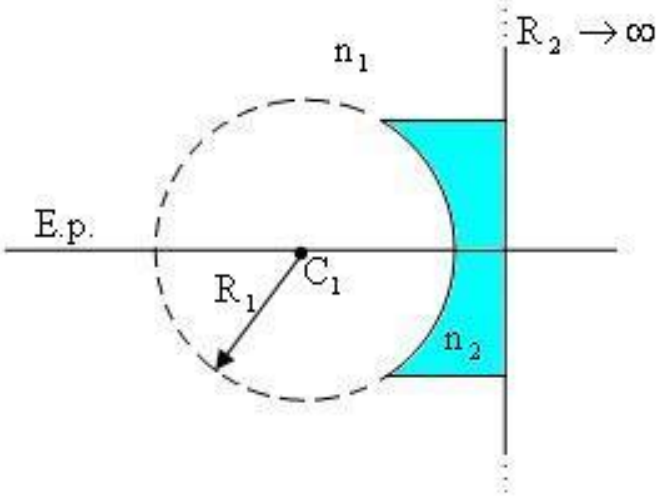
• Lente ***Côncavo-convexa***



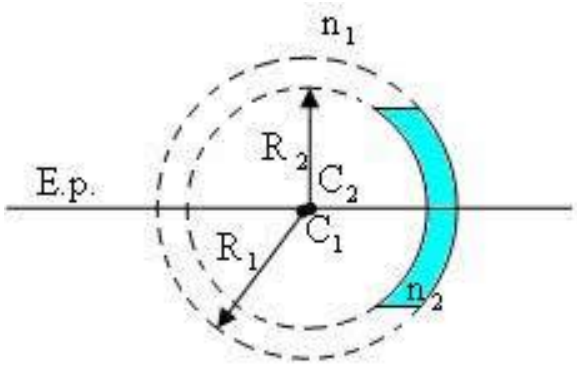
• Lente ***Bicôncava***



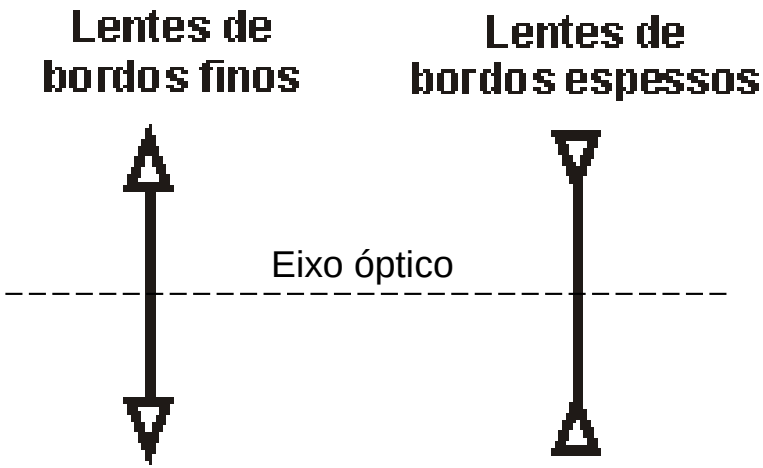
• Lente ***Plano-côncava***



• Lente ***Convexo-côncava***



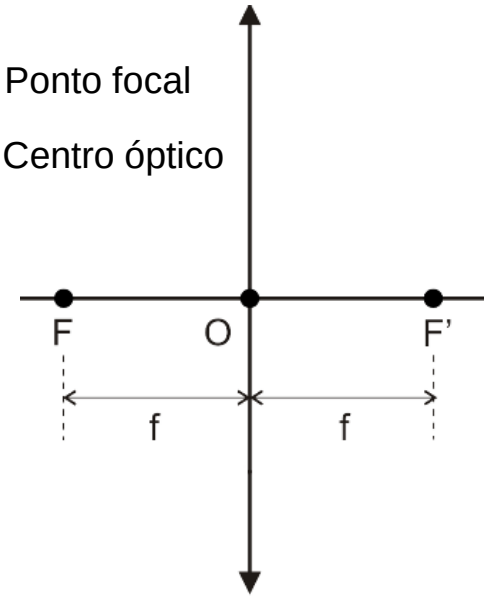
Representação esquemática das ***<u>lentes delgadas</u>***



Lente ***Biconvexa*** Lente ***Bicôncava***

F - Ponto focal

O - Centro óptico



Valores Comerciais de Índices de Refração para Lentes

EXEMPLOS DE LENTES	VALOR ABBE	ÍNDICE DE REFRAÇÃO (n)
Cr 39	58	1,499
Ormex	37	1,561
Mio - Hyper – Light	40	1,561
Lite 1.6 ,Sola Light	41	1,600
Stylis, Sola Light	32	1,670
Spectralite	47	1,537
Policarbonato	29,5	1,586
Cristal	59	1,530
Trivex	43	1,530
H. Lite 1.7 (Tital)	39,3	1,700
H. Lite 1.8 (Lantal)	35,4	1,800
H. Lite 1.9 (Lantal)	30,3	1,900
Cristal 1.6	42,8	1,600
Transitions	57	1,502
Sun sensors	38	1,560

Quanto mais alto o valor ABBE, mais baixa a dispersão dos raios luminosos.

Estigmatismo

São as condições em que um sistema óptico fornece uma única imagem para um objeto.

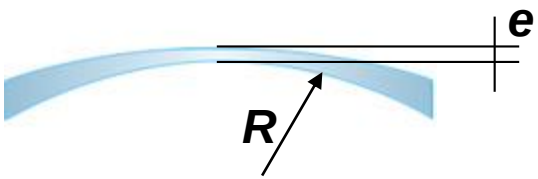
Yohann Carl F. Gauss

1777 - 1855

Condições de Estigmatismo de Gauss para Lentes Esféricas

• ponto objeto próximo ou sobre o eixo principal;

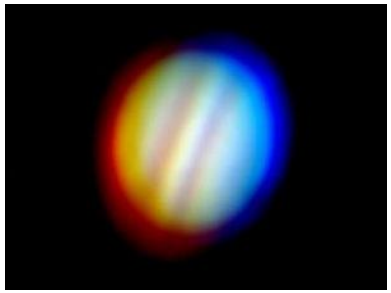
• espessura ***e*** da lente muito menor que seus raios de curvatura (Lente ***delgada***);

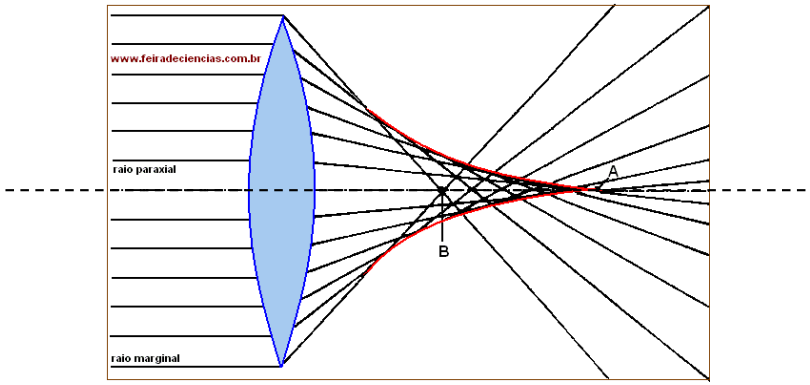


e << R

• os raios incidentes sejam paraxiais, ou seja, tenham pequena inclinação em relação ao eixo principal (< 10º);

Aberração Cromática



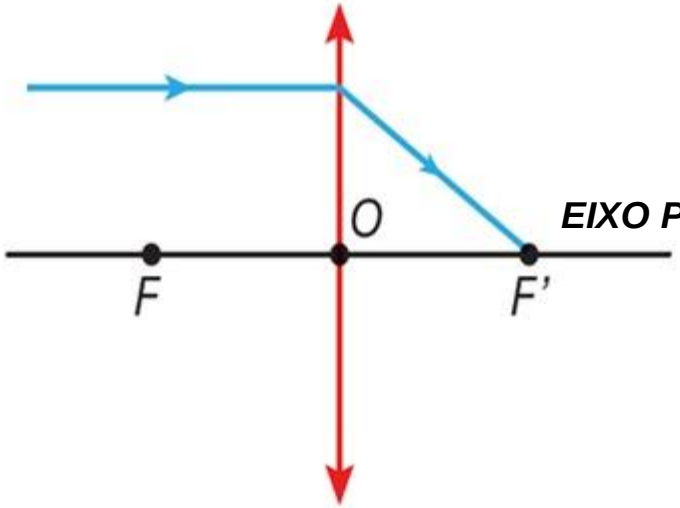


Eixo Principal

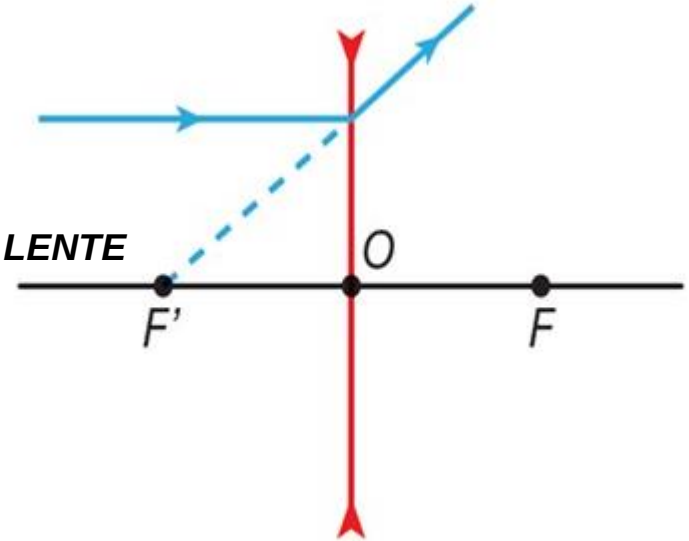
Raios notáveis

$$n_{ar} = 1 < n_{lente}$$

• Um raio de luz, que incida paralelamente ao eixo principal, refrata passando pelo foco.



EIXO PRINCIPAL DA LENTE



Lente Biconvexa

comportamento de lente ***CONVERGENTE***

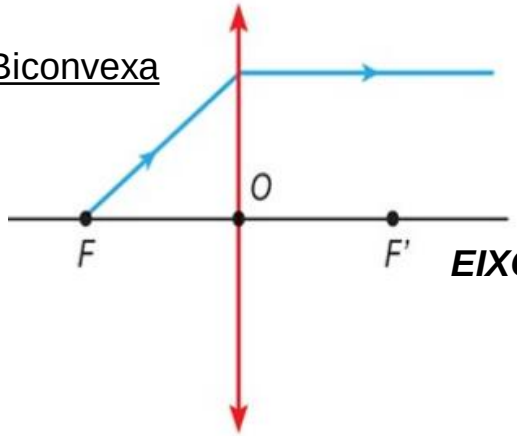
Lente Bicôncava

comportamento de lente ***DIVERGENTE***

Raios notáveis

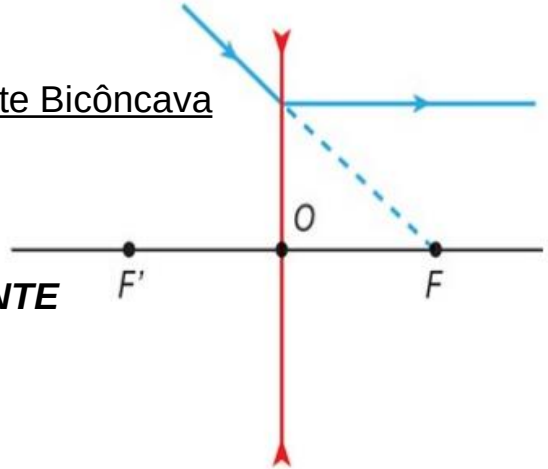
• Um raio de luz que incida pelo foco refrata paralelamente ao eixo principal.

Lente Biconvexa

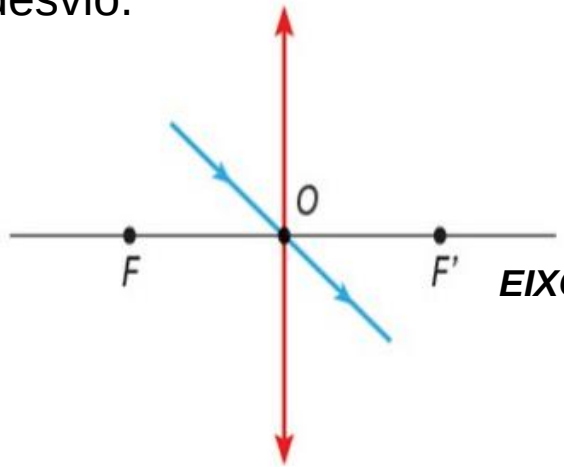


EIXO PRINCIPAL DA LENTE

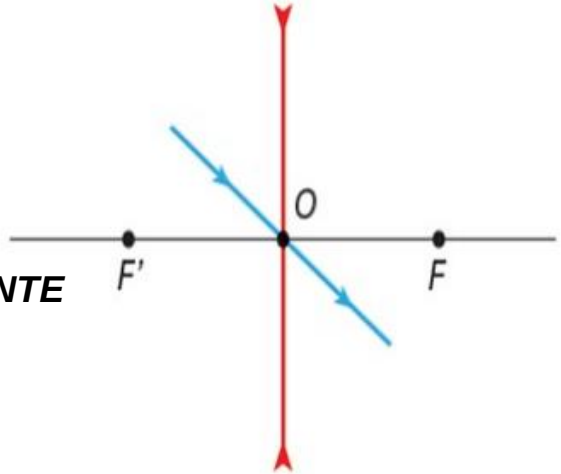
Lente Bicôncava



• Um raio de luz que incida pelo centro óptico é refratado sem sofrer nenhum desvio.



EIXO PRINCIPAL DA LENTE



Lente Biconvexa

Lente Bicôncava

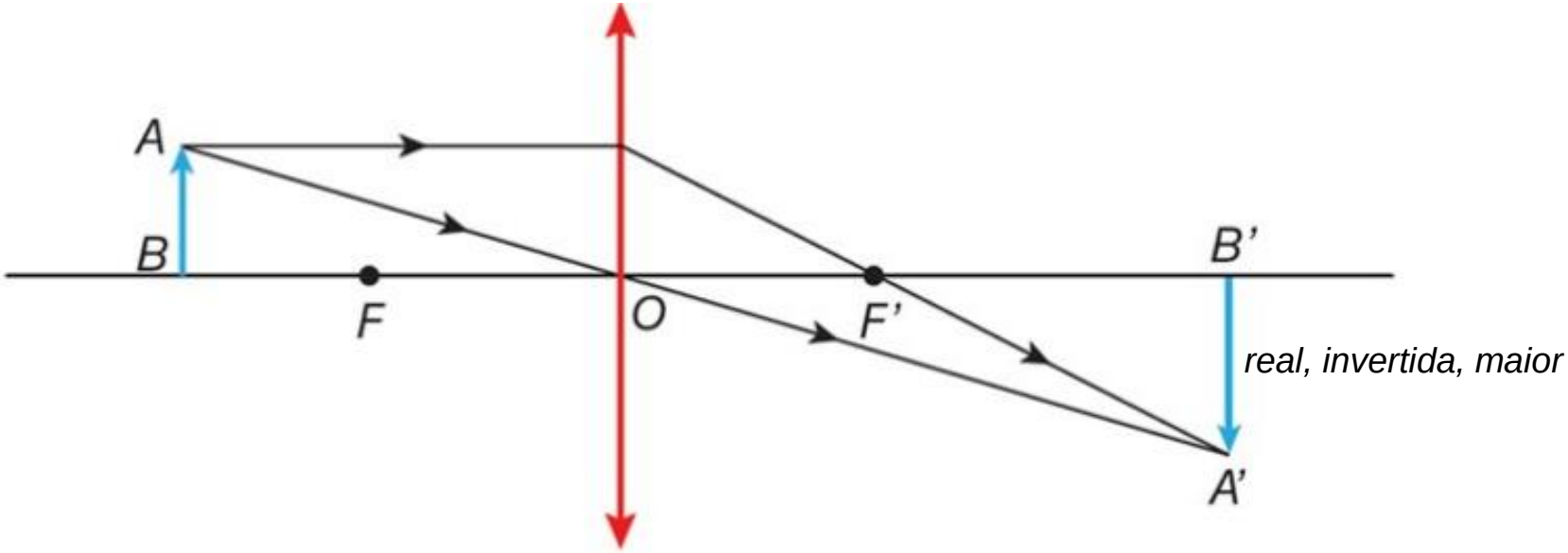
Formação de imagens pelas Lentes

$n_{ar} = 1 < n_{lente}$

- escolher dois pontos do objeto que emitam raios de luz em direção à lente;
- utilizando dois raios notáveis para cada ponto escolhido, determinar os raios refratados.

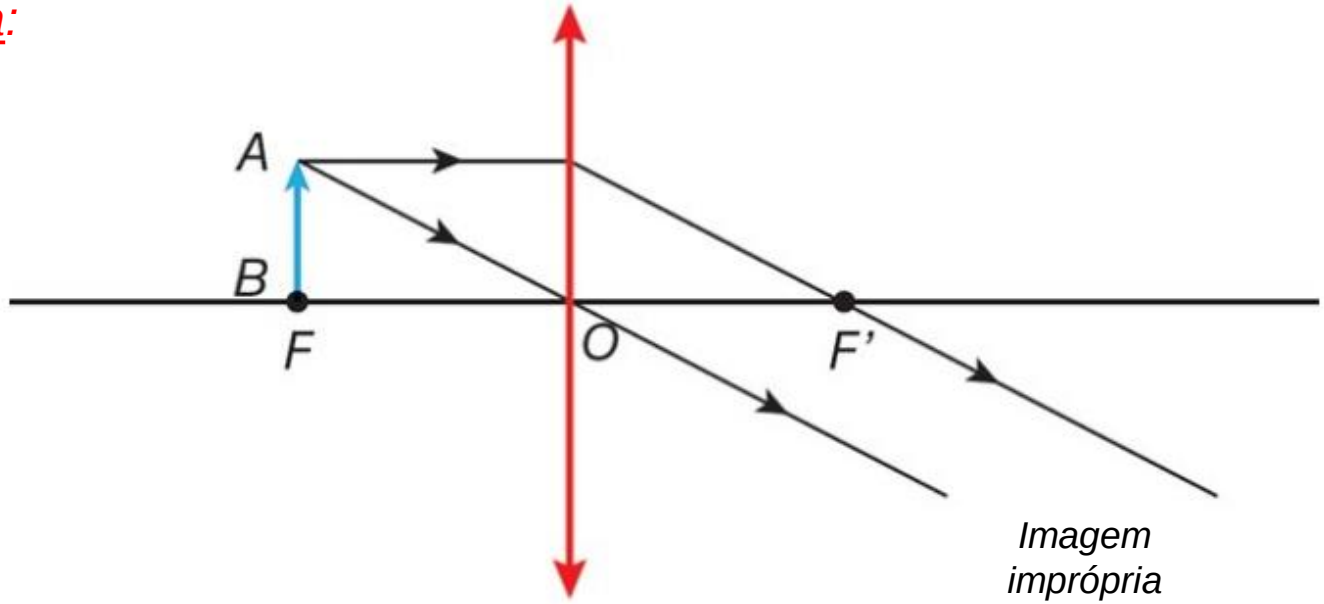
❖ *Lente Biconvexa:*

- Objeto além do foco



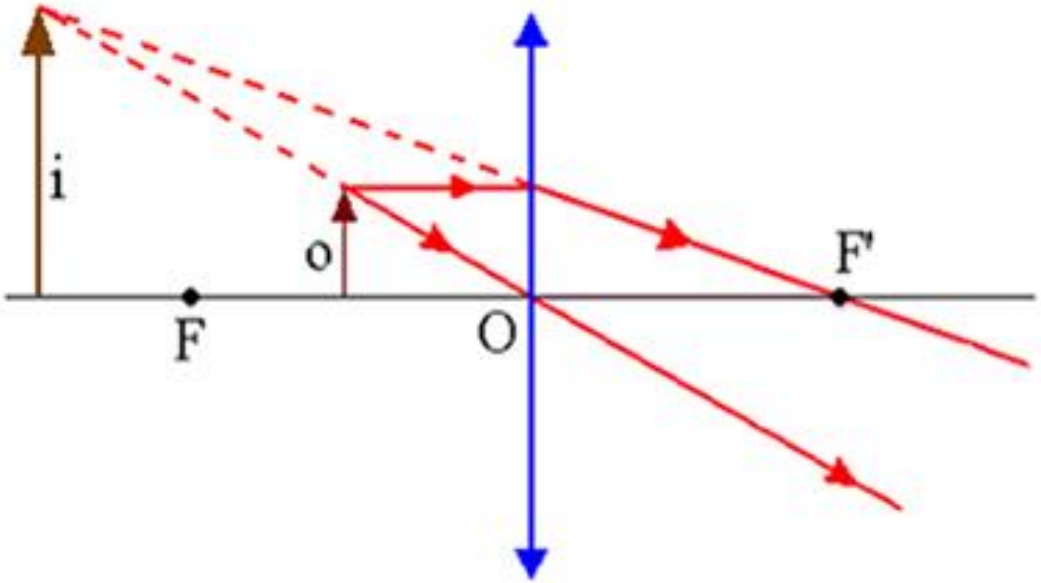
❖ *Lente Biconvexa:*

- Objeto no foco



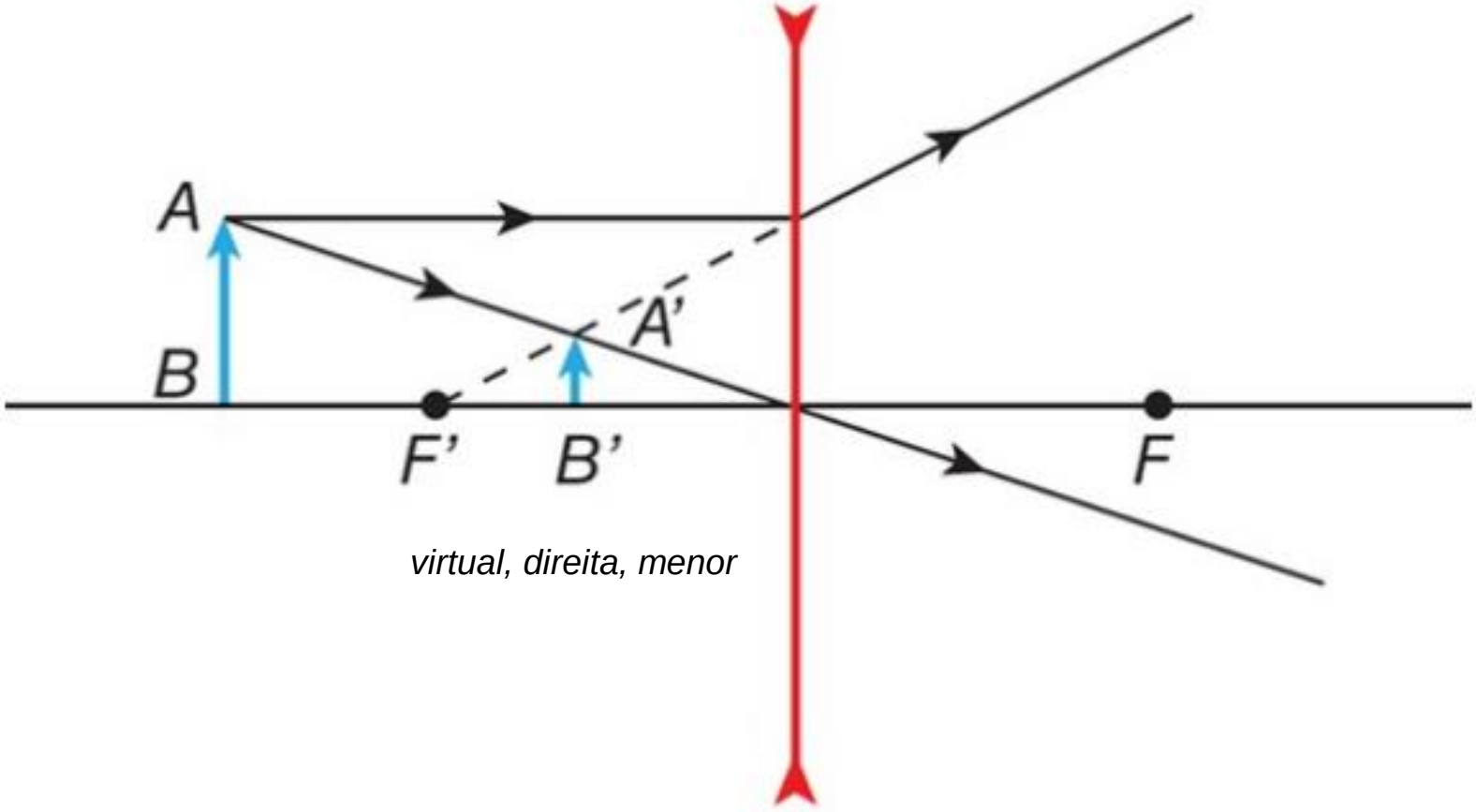
- Objeto entre o foco e a lente

virtual, direita, maior



❖ *Lente Bicôncava:*

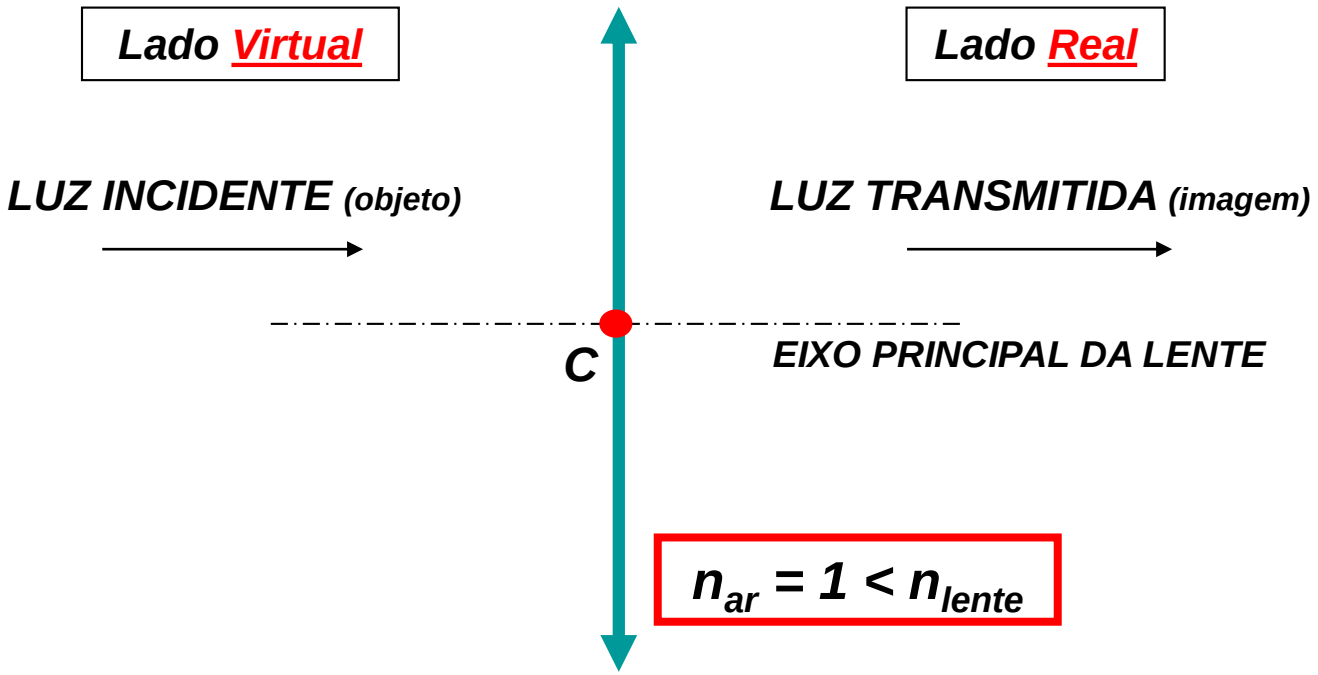
- Objeto além do foco



virtual, direita, menor

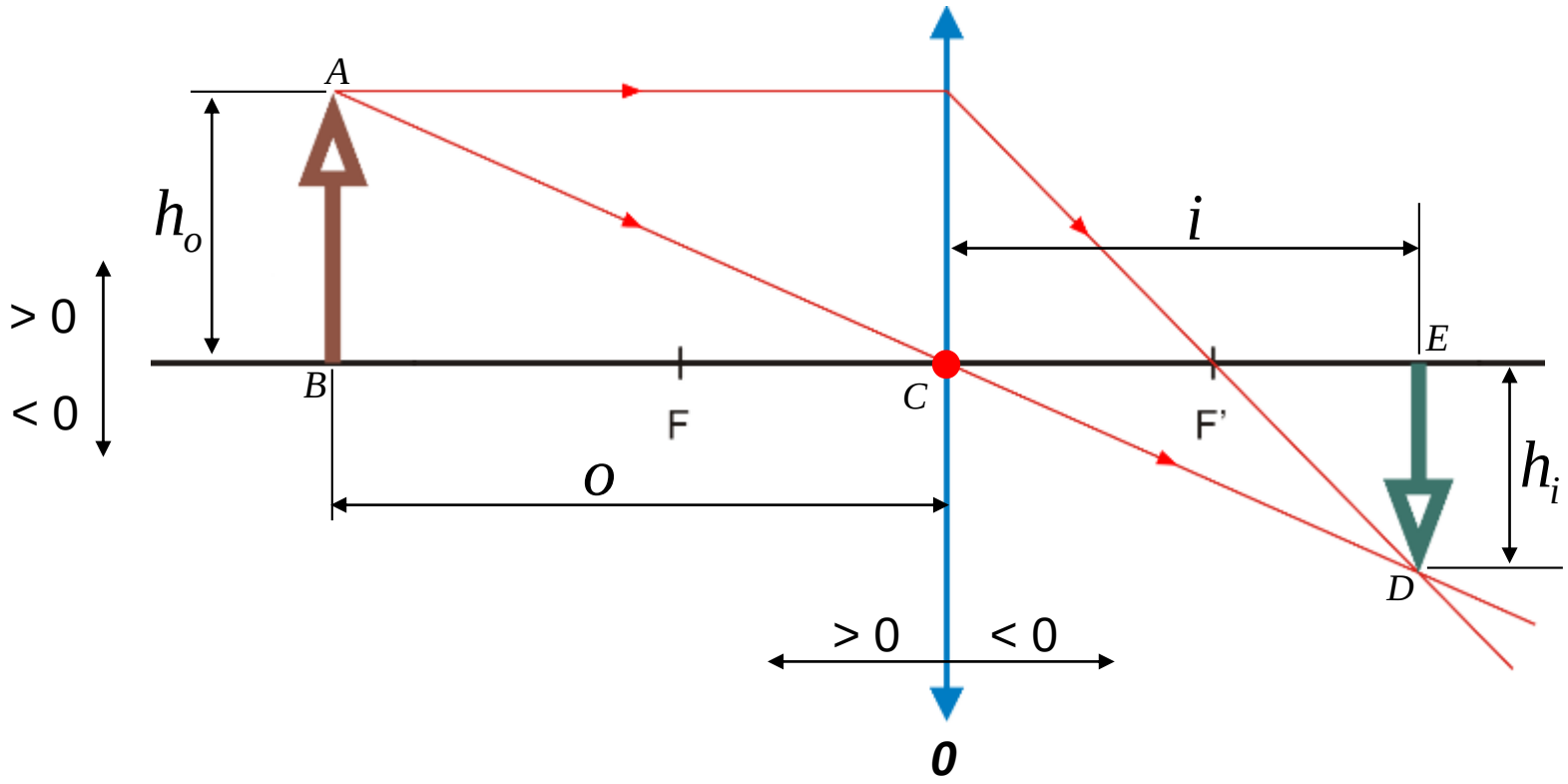
Referências de Gauss para o estudo de lentes esféricas

*a partir do **centro óptico "O"***



o > 0, *se o objeto estiver no lado da luz incidente (lado **VIRTUAL**);*
o < 0, *se o objeto estiver no lado da luz transmitida (lado **REAL**);*
i > 0, *se a imagem forma-se no lado da luz transmitida (lado **REAL**);*
i < 0, *se a imagem forma-se no lado da luz incidente (lado **VIRTUAL**);*
R > 0, *se o centro de curvatura está no lado da luz transmitida (lado **REAL**);*
R < 0, *se o centro de curvatura está no lado da luz incidente (lado **VIRTUAL**).*

Aumento Linear para Lentes



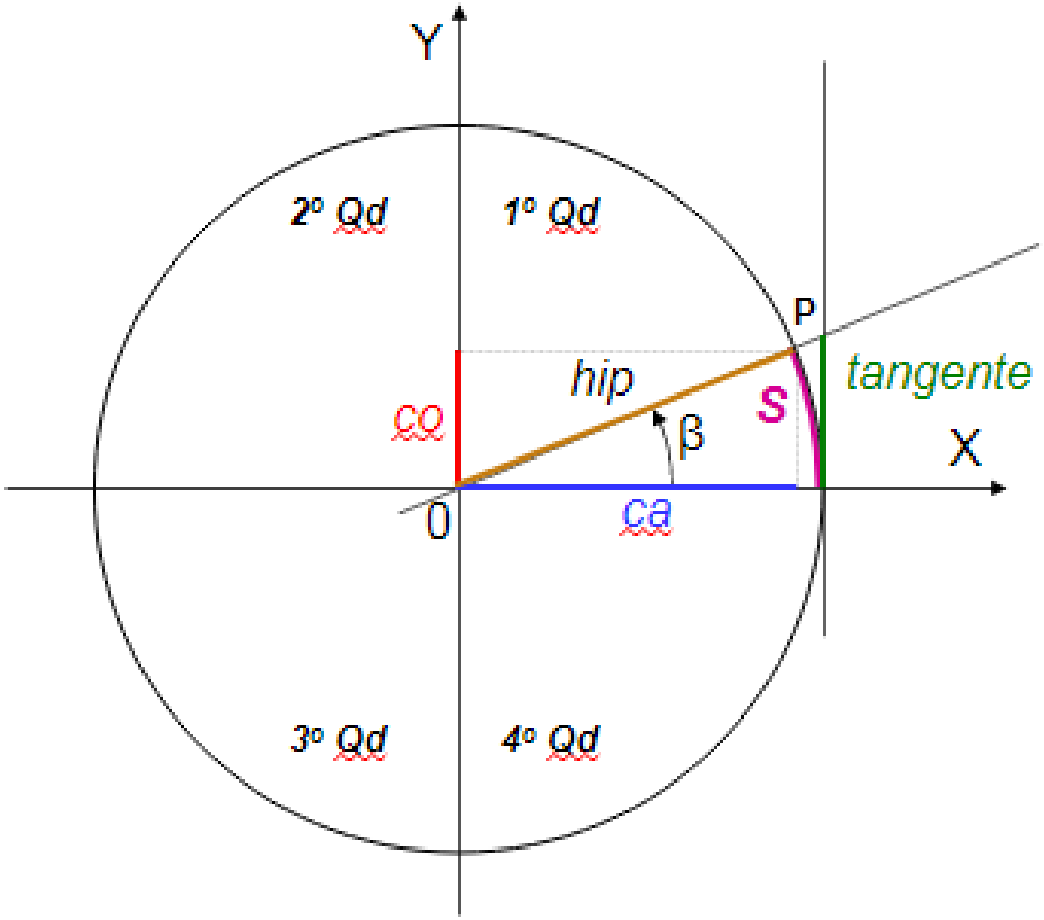
Aplicando a semelhança de triângulos entre o ΔABC e ΔCDE tem-se que:

$$A = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{i}{o}$$

O sinal negativo serve para ajustar a posição da imagem (invertida ou direita, real ou virtual).

Aproximação para ângulos pequenos

ângulo (°)	β (rad)	senβ	tgβ
0	0	0	0
1	0.017453	0.01745	0.01746
2	0.034907	0.0349	0.03492
3	0.05236	0.05234	0.05241
4	0.069813	0.06976	0.06993
5	0.087266	0.08716	0.08749
6	0.10472	0.10453	0.1051
7	0.122173	0.12187	0.12279
8	0.139626	0.13917	0.14054
9	0.15708	0.15643	0.15838
10	0.174533	0.17365	0.17633
11	0.191986	0.19081	0.19438
12	0.20944	0.20791	0.21256
13	0.226893	0.22495	0.23087
14	0.244346	0.24192	0.24933
15	0.261799	0.25882	0.26795
20	0.349066	0.34202	0.36397
30	0.523599	0.5	0.57735

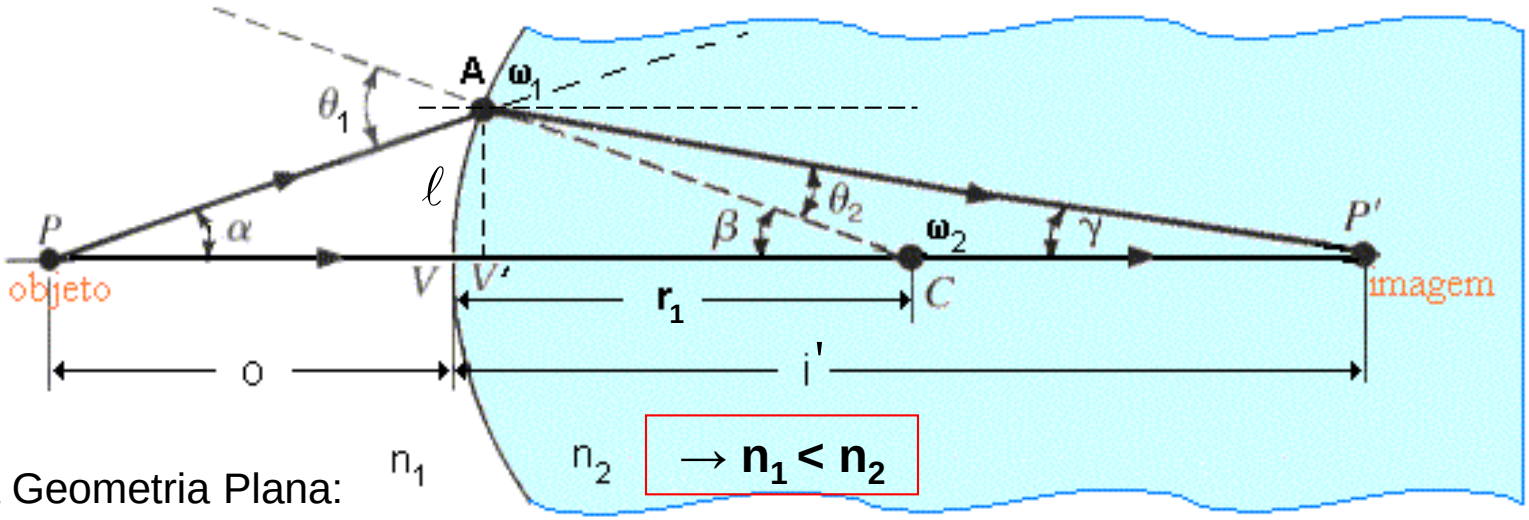


Portanto, para ângulos muito pequenos (até 15º), $\beta(rad) \approx sen\beta \approx tg\beta$

Equações

espessura << r

Raios paraxiais



Da Geometria Plana:

$$\beta = \theta_2 + \gamma$$

Da Lei de Snell-Descartes:

$$\boxed{n_1.sen\theta_1 = n_2.sen\theta_2}$$

Para pequenos ângulos → $tg\,\theta \approx sen\,\theta \approx \theta$

$$\boxed{n_1.\theta_1 = n_2.\theta_2}$$

$$\beta = \frac{n_1}{n_2} \times \theta_1 + \gamma$$

$$n_1.\theta_1 = n_2.\beta - n_2.\gamma$$

$$\Delta PAC \rightarrow \theta_1 = \alpha + \beta$$

$$n_1.\alpha + n_2.\gamma = (n_2 - n_1).\beta$$

$$n_1.\alpha + n_2.\gamma = (n_2 - n_1).\beta$$

Da aproximação para pequenos ângulos: $\ell \approx AV'$

$$\alpha \approx \frac{\ell}{o} \qquad \beta = \frac{\ell}{r_1} \qquad \gamma \approx \frac{\ell}{i'}$$

$$n_1.\frac{\cancel{\ell}}{o} + n_2.\frac{\cancel{\ell}}{i'} = (n_2 - n_1).\frac{\cancel{\ell}}{r_1}$$

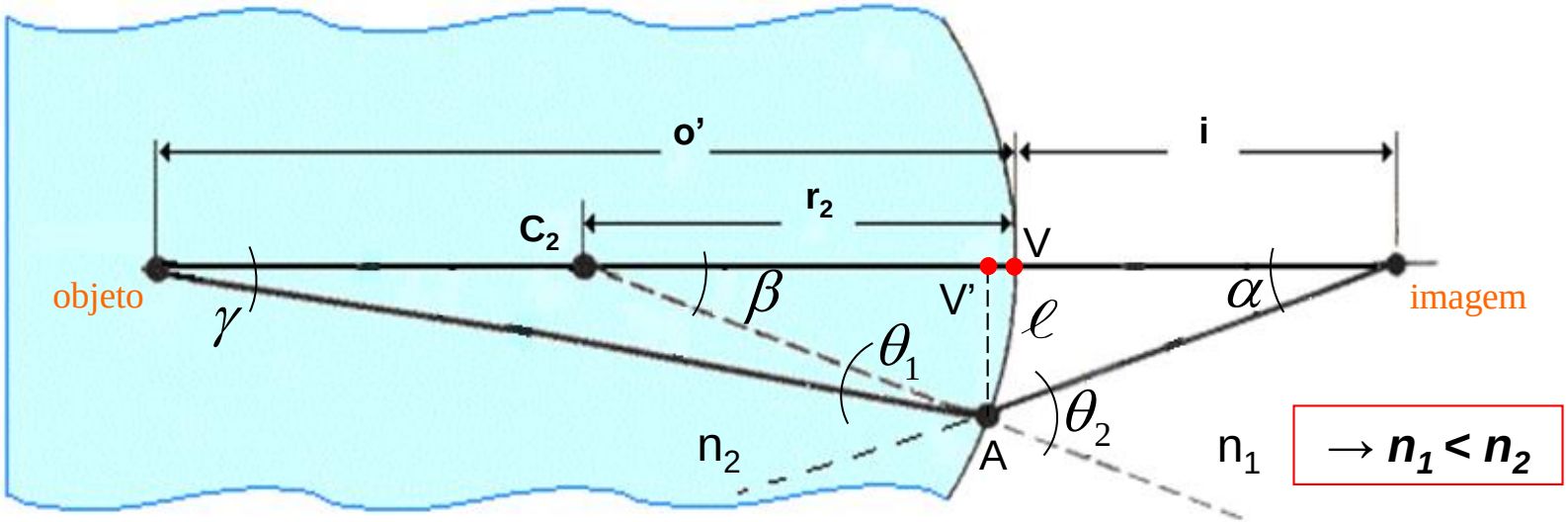
$$\boxed{\frac{n_1}{o} + \frac{n_2}{i'} = \frac{(n_2 - n_1)}{+r_1}}$$

, com ***r_1 > 0*** (lado ***real***).

Equação para Dioptro Esférico

(com a imagem ***dentro*** da lente)

• Admitindo-se que “L” seja a espessura da lente, a distância do objeto até a superfície da segunda lente (o’) vale (L – i’):



Da Geometria Plana:

$$\beta = \theta_1 + \gamma$$

Da Lei de Snell-Descartes:

$$\boxed{n_2.sen\theta_1 = n_1.sen\theta_2}$$

Para pequenos ângulos → $tg\,\theta \approx sen\,\theta \approx \theta$

$$\boxed{n_2.\theta_1 = n_1.\theta_2}$$

$$\beta = \frac{n_1}{n_2} \times \theta_2 + \gamma$$

$$n_1.\theta_2 = n_2.\beta - n_2.\gamma$$

$$\theta_2 = \alpha + \beta$$

$$n_1.\alpha + n_2.\gamma = (n_2 - n_1).\beta$$

$$n_1.\alpha + n_2.\gamma = (n_2 - n_1).\beta$$

Da aproximação para pequenos ângulos: $\ell \approx AV'$

$$\alpha \approx \frac{\ell}{i} \qquad \beta = \frac{\ell}{r_2} \qquad \gamma \approx \frac{\ell}{o'} = \frac{\ell}{L - i'}$$

$$n_1.\frac{\cancel{\ell}}{i} + n_2.\frac{\cancel{\ell}}{L - i'} = (n_2 - n_1).\frac{\cancel{\ell}}{-r_2}$$

$$\boxed{\frac{n_1}{i} + \frac{n_2}{L - i'} = -\frac{(n_2 - n_1)}{r_2}}$$

, com ***r_2 < 0*** (lado ***virtual***).

Considerando-se a espessura da lente desprezível em relação a outras medidas: $L \approx 0$

$$\frac{n_1}{i} - \frac{n_2}{i'} = -\frac{(n_2 - n_1)}{r_2}$$

Equação para Dioptro Esférico

(com a imagem ***fora*** da lente)

Fazendo-se a soma lado a lado dos dois dioptros esféricos, tem-se

$$\frac{n_1}{o} + \cancel{\frac{n_2}{i'}} = \frac{(n_2 - n_1)}{+r_1} \qquad \frac{n_1}{i} - \cancel{\frac{n_2}{i'}} = -\frac{(n_2 - n_1)}{r_2}$$

$$\frac{n_1}{o} + \frac{n_1}{i} = \frac{(n_2 - n_1)}{r_1} - \frac{(n_2 - n_1)}{r_2}$$

$$\boxed{\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \times \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)}$$

Equação de Gauss para <u>Lentes Esféricas</u>

Caso especial:

$$\boxed{\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}}$$

Equação para <u>Lentes Esféricas</u>

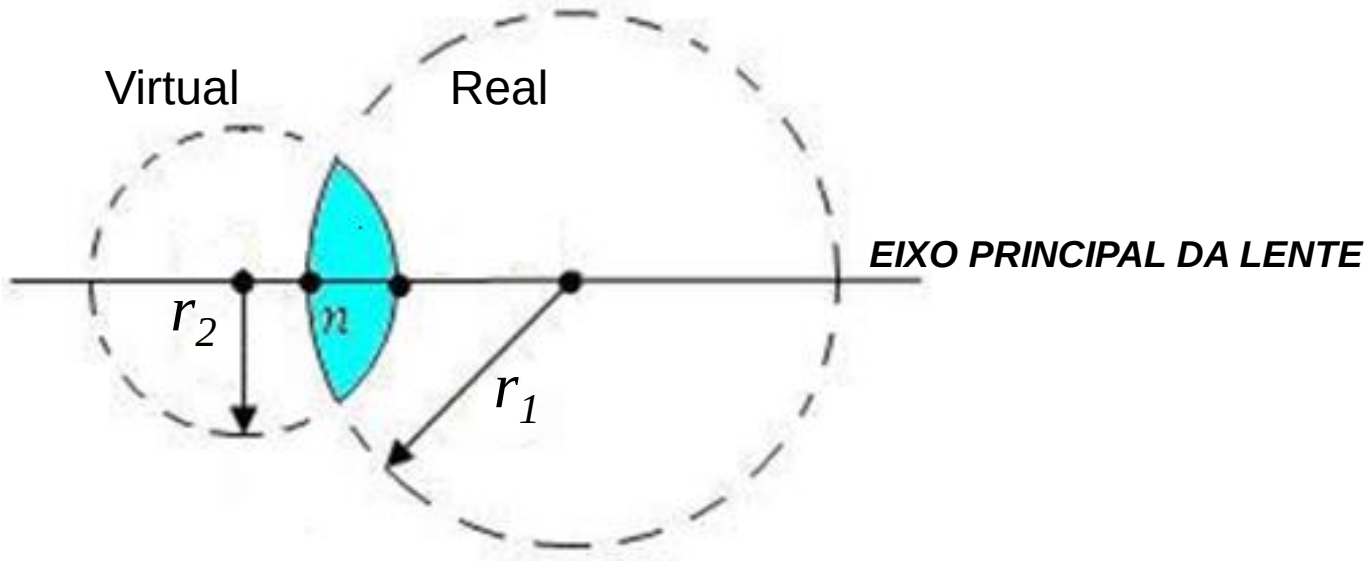
$\boxed{n_{ar} = 1}$

onde, $\boxed{\frac{1}{f} = (n-1) \times \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)}$ $f \rightarrow$ *foco da lente*

Equação dos fabricantes de lentes ou <u>de Halley</u>

Exemplo 1

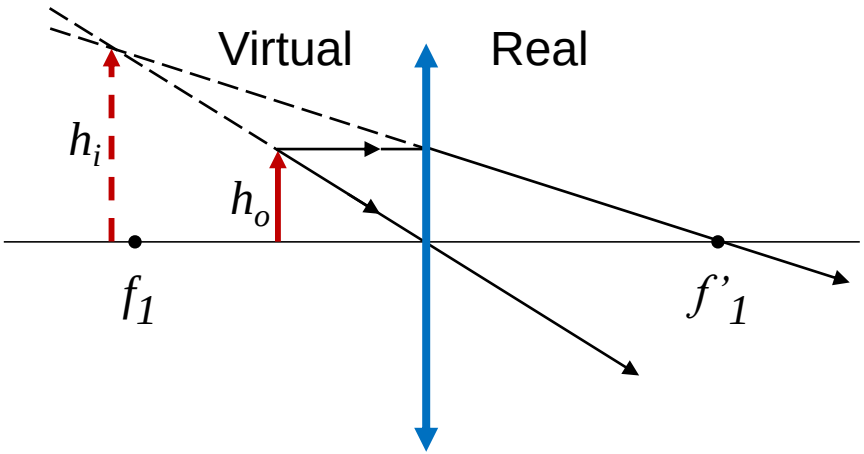
Uma lente delgada biconvexa é feita de vidro de índice de refração n = 1,5 e tem os dois raios de curvatura medindo 20cm. Um objeto com 2cm de altura está colocado a 10cm da lente. Calcular a distância focal da lente, localizar a imagem e calcular suas dimensões.



$$\frac{1}{f} = (n-1)\times\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \qquad \frac{1}{f} = (1{,}5-1).\left(\frac{1}{+20} - \frac{1}{-20}\right) \rightarrow \qquad \frac{1}{f} = 0{,}5.\frac{2}{20} \rightarrow$$

$$f = +20cm$$

Resolução:



Lente Biconvexa 1

$$\boxed{\frac{1}{o}+\frac{1}{i}=\frac{1}{f}} \qquad \frac{1}{+10}+\frac{1}{i}=\frac{1}{+20} \rightarrow \frac{1}{i}=\frac{1}{20}-\frac{1}{10} \rightarrow i=-20cm$$

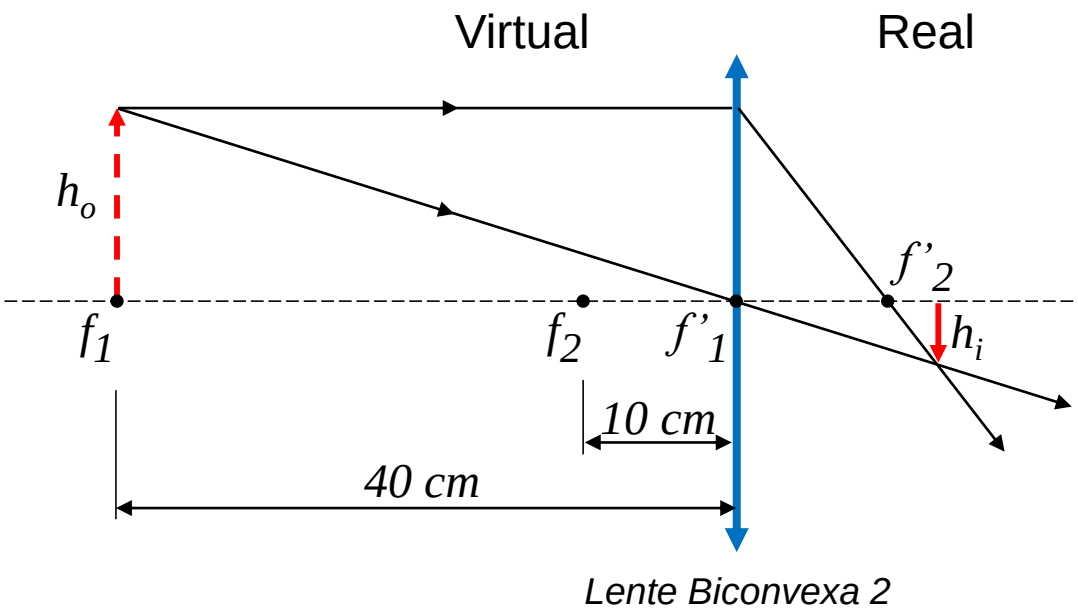
(sobre o foco f_1)

$$\boxed{A=\frac{h_i}{h_o}=-\frac{i}{o}} \qquad \frac{h_i}{+2}=-\frac{-20}{+10} \rightarrow h_i=+4cm$$

(Lupa)

Exemplo 2

Uma segunda lente delgada, de distância focal +10 cm, está colocada a 20 cm, à direita da lente do exemplo 1. Localizar a imagem final.



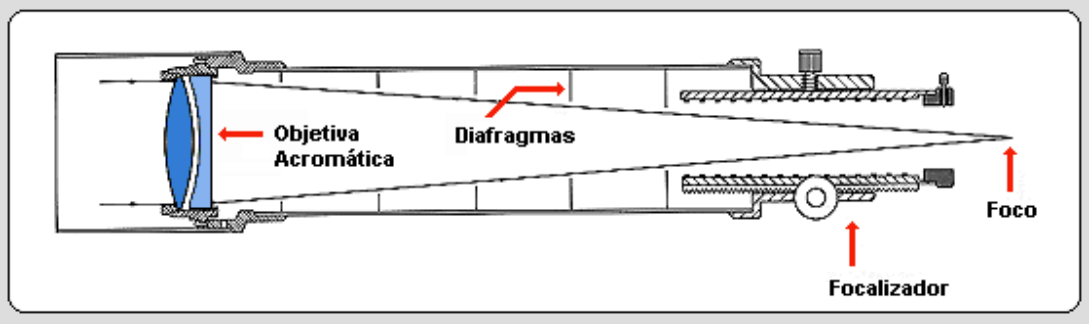
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{o} + \frac{1}{i} \rightarrow \quad \frac{1}{+10} = \frac{1}{+40} + \frac{1}{i} \rightarrow \quad \boxed{i = +13{,}33\ cm}$$

Não se esqueça de assistir aos seguintes vídeos:

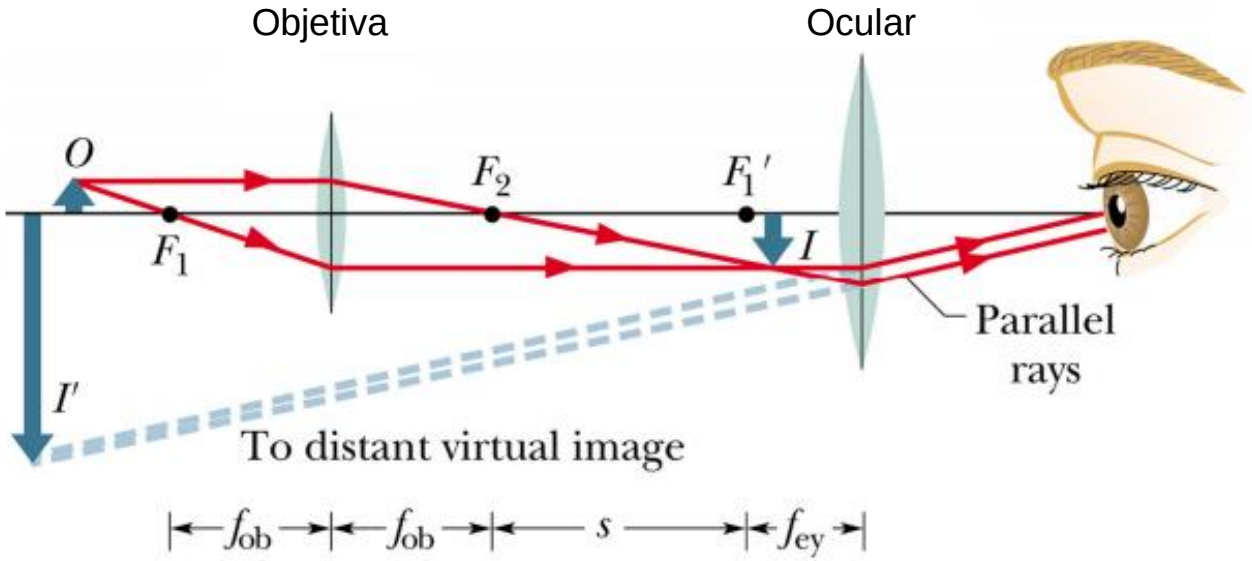
- https://www.youtube.com/watch?v=sJTrdArAeKY - Lentes: nomenclaturas
- https://www.youtube.com/watch?v=8i_GgkLJ2IQ - Lentes
- https://www.youtube.com/watch?v=2rE-tKkUsG8 - Exercício sobre lentes

• ***Telescópio***

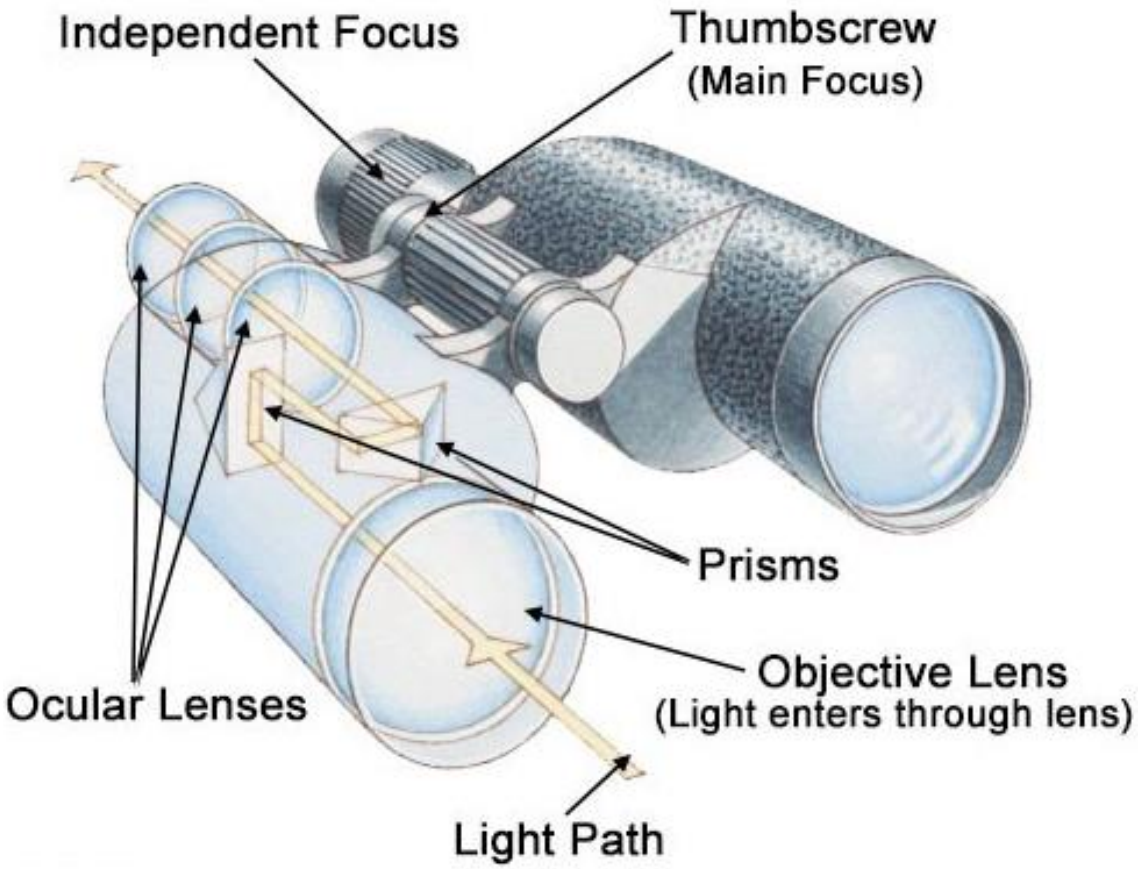
• ***Refrator***



Telescópio Refrator com Tripé
Greika F90060M Luneta 675X



• ***Binóculo***

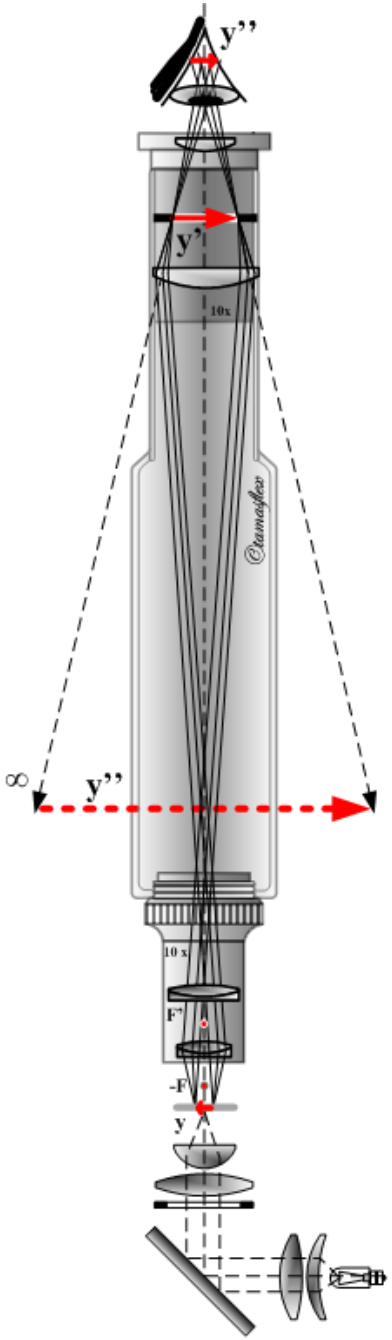


GSN 10x50 PRO

PANDA 35 x 50 Monóculo HD

• ***Microscópio***

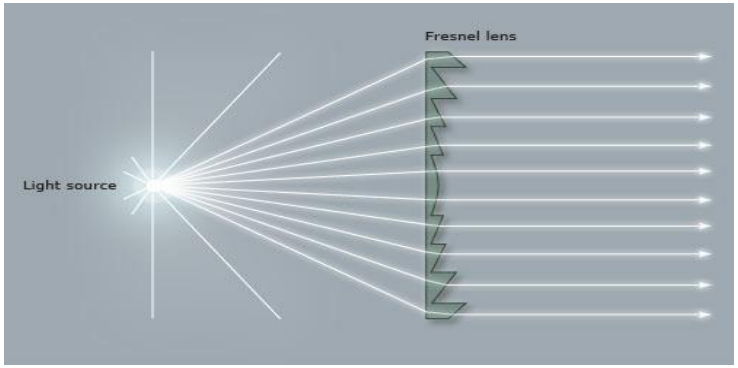
MICROSCÓPIO BIOLÓGICO
BINOCULAR SÉRIE ECO
KASVI/MOTIC K112L



• ***Lente de Fresnel***

• ***Retroprojetor***

Retroprojetor Ventilado 5000 Lúmens Bivolt Automático, c/ Lâmpada Reserva - pr5400 Visograf



• ***Farol***

Anacapa Island Lighthouse

Canal de Santa Bárbara, Califórnia, EUA

1912

Exercícios

4) (UFF 2009) Uma lente convergente de pequena distância focal pode ser usada como lupa, ou lente de aumento, auxiliando, por exemplo, pessoas com deficiências visuais a lerem textos impressos em caracteres pequenos. Supondo que o objeto esteja à esquerda da lente, é correto afirmar que, para produzir uma imagem maior que o objeto, este deve ser:

a) colocado sobre o foco e a imagem será real;posicionado entre a lente e o foco e a imagem será real;
b) posicionado num ponto à esquerda muito afastado da lente e a imagem será virtual;
c) posicionado num ponto à esquerda do foco, mas próximo deste, e a imagem será virtual;
d) posicionado entre a lente e o foco e a imagem será virtual;
e) virtual, menor do que o tamanho do objeto.

5) Complete corretamente, e em sequência, a afirmativa: "Lentes bicôncavas de vidro envolvidas pelo ar, formam, sempre, imagens de objetos reais, que são _____ e _____ que os objetos.“

a) virtuais; maiores;
b) virtuais; menores;
c) reais; de mesmo tamanho;
d) reais; maiores;
e) reais; menores.

6) Vamos supor que tenhamos em mãos, para uma simples verificação, uma lente de vidro de bordos espessos. Com relação a essa lente podemos afirmar que ela:

a) é divergente.
b) é convergente.
c) no ar, é sempre divergente.
d) no ar, é sempre convergente.
e) nunca poderá ser uma lente divergente.

7) (FUND. CARLOS CHAGAS) Uma lente, feita de material cujo índice de refração absoluto é 1,5, é convergente no ar. Quando mergulhada num líquido transparente, cujo índice de refração absoluto é 1,7, ela:

a) será convergente;
b) será divergente;
c) será convergente somente para a luz monocromática;
d) se comportará como uma lâmina de faces paralelas;
e) não produzirá nenhum efeito sobre os raios luminosos.

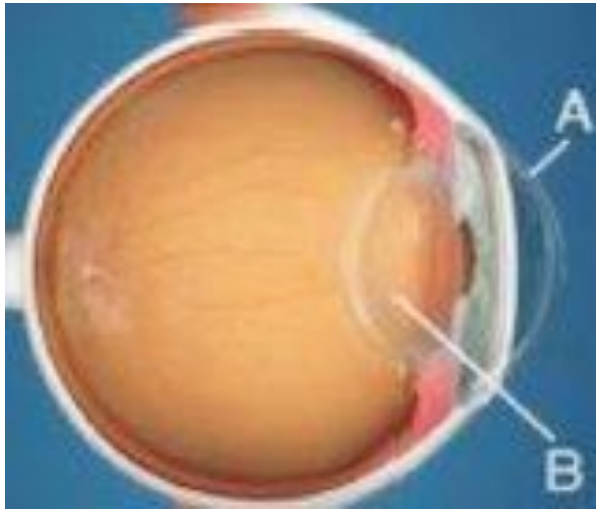
8) (UFSM - RS) Um objeto está sobre o eixo óptico e a uma distância ***p*** de uma lente convergente de distância ***f***. Sendo ***p*** maior que ***f*** e menor que ***2f***, pode-se afirmar que a imagem será:

a) virtual e maior que o objeto;
b) virtual e menor que o objeto;
c) real e maior que o objeto;
d) real e menor que o objeto;
e) real e igual ao objeto.

9) A distância focal de uma lente convergente é 15 cm. Caracterize as imagens formadas como real ou virtual, direita ou invertida, menor ou maior para um objeto colocado nas seguintes posições em relação a essa lente:

a) objeto localizado a 40 cm da lente;
b) objeto localizado a 25 cm da lente;
c) objeto localizado a 10 cm da lente.

10) (PUC-SP 2010) O olho humano pode ser entendido como um sistema óptico composto basicamente por duas lentes – córnea (A) e cristalino (B) . Ambas devem ser transparentes e possuir superfícies lisas e regulares para permitirem a formação de imagens nítidas. Podemos classificar as lentes naturais de nossos olhos, A e B, respectivamente, como sendo:



a) convergente e convergente.

b) convergente e divergente.

c) divergente e divergente.

d) divergente e convergente.

e) divergente e plana.

11) (ITA) Um objeto tem altura h_o = 20 cm e está localizado a uma distância do = 30 cm de uma lente. Esse objeto produz uma imagem virtual de altura h_i = 4,0 cm. A distância da imagem à lente, a distância focal e o tipo da lente são, respectivamente:

a) 6,0 cm; 7,5 cm; convergente;
b) 1,7 cm; 30 cm; divergente;
c) 6,0 cm; -7,5 cm; divergente;
d) 6,0 cm; 5,0 cm; divergente;
e) 1,7 cm; -5,0 cm; convergente.

12) A distância focal de uma lente convergente é 15 cm. Caracterize as imagens formadas como real ou virtual, direita ou invertida, menor ou maior para um objeto colocado nas seguintes posições em relação a essa lente:

a) objeto localizado a 40 cm da lente;
b) objeto localizado a 25 cm da lente;
c) objeto localizado a 10 cm da lente.

13) **(IME 2008_2009)** Um corpo está a 40 cm de distância de uma lente cuja distância focal é –10 cm. A imagem deste corpo é
(A) real e reduzida.
(B) real e aumentada.
(C) virtual e reduzida.
(D) virtual e aumentada.
(E) real e invertida.

14) **(AFA 2009)** A figura I representa uma lente delgada convergente com uma de suas faces escurecidas por tinta opaca, de forma que a luz só passa pela letra *F* impressa.

Figura I

Um objeto, considerado muito distante da lente, é disposto ao longo do eixo óptico dessa lente, como mostra a figura II.

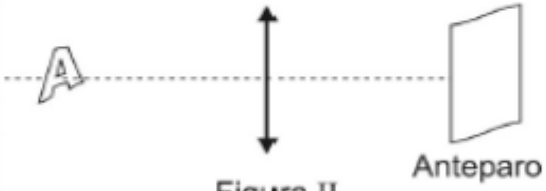


Figura II

Nessas condições, a imagem fornecida pela lente e projetada no anteparo poderá ser:

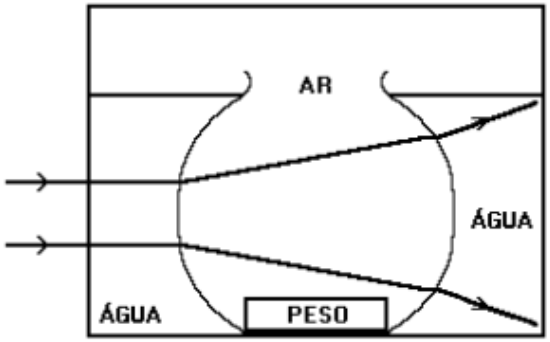
(A)

(B)

(C)

(D)

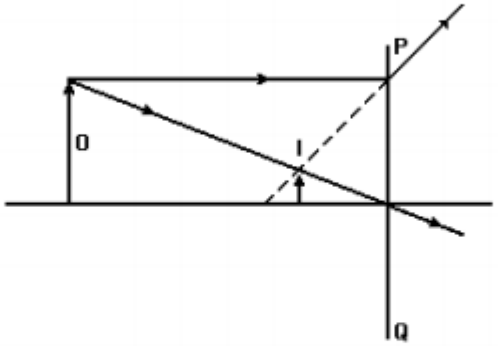
15) (Unesp) Um aquário esférico de paredes finas é mantido dentro de outro aquário que contém água. Dois raios de luz atravessam esse sistema da maneira mostrada na figura a seguir, que representa uma secção transversal do conjunto.



Pode-se concluir que, nessa montagem, o aquário esférico desempenha a função de:

a) espelho côncavo.
b) espelho convexo.
c) prisma.
d) lente divergente.
e) lente convergente.

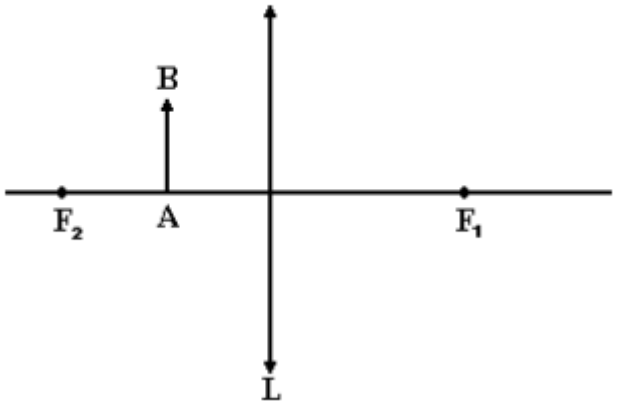
16) (Unesp) O diafragma mostra um objeto (O), sua imagem (I) e o trajeto de dois raios luminosos que saem do objeto.



Que dispositivo óptico colocado sobre a linha PQ produzirá a imagem mostrada?

a) Espelho plano.
b) Espelho côncavo.
c) Espelho convexo.
d) Lente convergente.
e) Lente divergente.

17) (Ufmg) Observe o diagrama.



Nesse diagrama, estão representados um objeto AB e uma lente convergente L. F_1 e F_2 são focos dessa lente.

A imagem A'B' do objeto AB será

a) direta, real e menor do que o objeto.

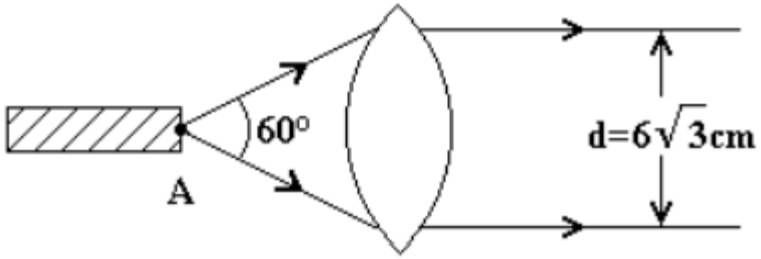
b) direta, virtual e maior do que o objeto.

c) direta, virtual e menor do que o objeto.

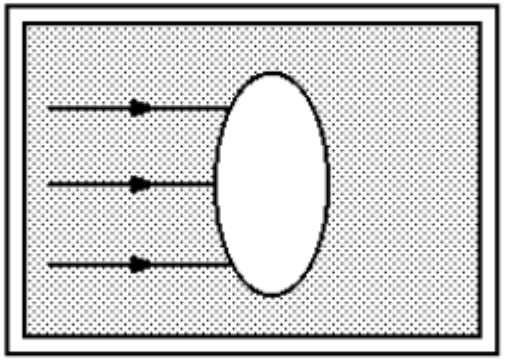
d) invertida, real e maior do que o objeto.

e) invertida, virtual e maior do que o objeto.

18) (Ufpe) A luz emitida por uma determinada fonte diverge formando um cone de ângulo θ=60°, a partir do ponto A, conforme a figura a seguir. Determine a distância focal da lente (delgada), em cm, de maneira que o diâmetro do feixe colimado seja igual a $6\sqrt{3}$cm.

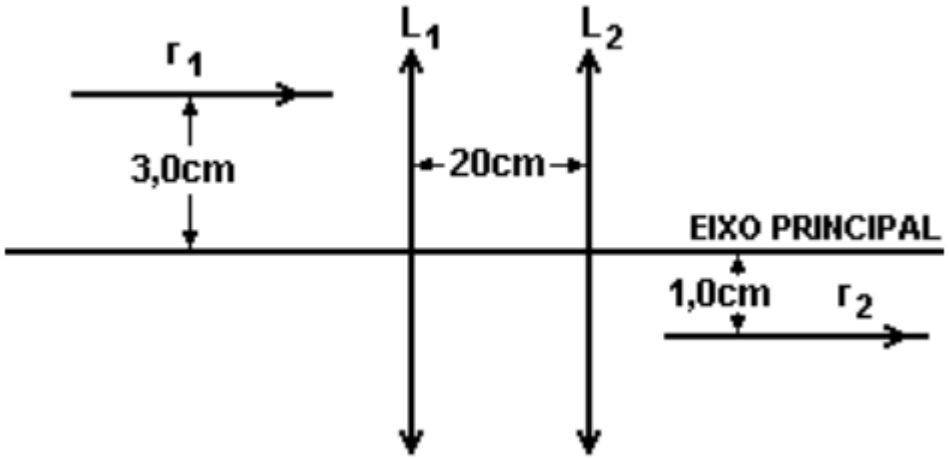


19) (Unaerp) Uma bolha de ar imersa em vidro apresenta o formato da figura. Quando três raios de luz, paralelos a atingem, observa-se que seu comportamento óptico é de uma:



a) lente convergente.
b) lente divergente.
c) lâmina de faces paralelas.
d) espelho plano .
e) espelho convexo.

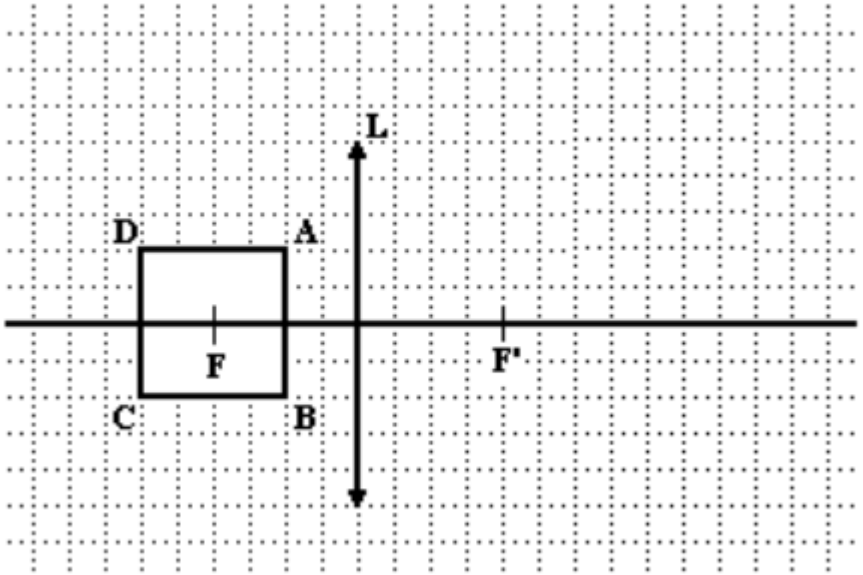
20) (Uel) Um raio de luz rϕincide num sistema de duas lentes convergentes, L_1 e L_2, produzindo um raio emergente r_2, conforme indicações e medidas do esquema a seguir.



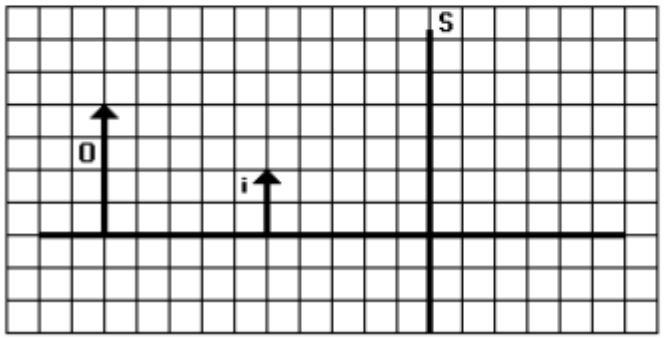
As distâncias focais das lentes L_1 e L_2, são, respectivamente, em cm, iguais a

a) 16 e 4,0
b) 15 e 5,0
c) 6,0 e 14
d) 5,0 e 15
e) 3,0 e 2,0

21) (Fuvest) A figura representa uma lente convergente L, com focos F e F', e um quadrado ABCD, situado num plano que contém o eixo da lente. Construa, na própria figura, a imagem A'B'C'D' do quadrado, formada pela lente. Use linhas tracejadas para indicar todas as linhas auxiliares utilizadas para construir as imagens. Represente com traços contínuos somente as imagens dos lados do quadrado, no que couber na folha. Identifique claramente as imagens A', B', C', e D' dos vértices.



22) (Uel) O esquema a seguir representa, em escala, um objeto O e sua imagem i conjugada por um sistema óptico S.



O sistema óptico S compatível com o esquema é

a) um espelho côncavo

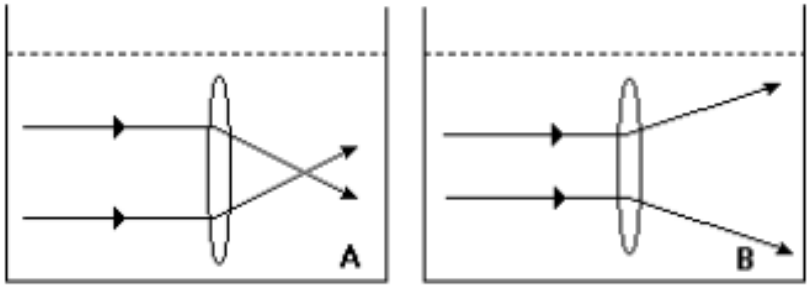
b) um espelho convexo.

c) uma lente convergente.

d) uma lente divergente.

e) uma lâmina de faces paralelas.

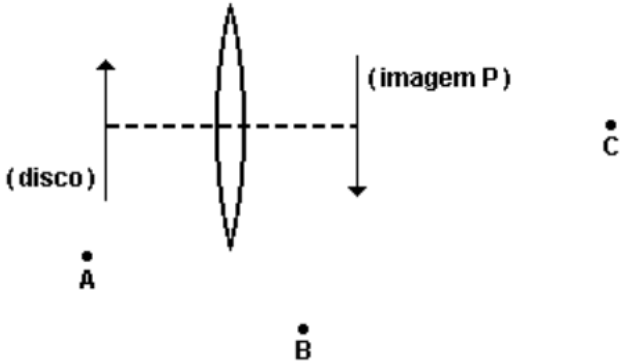
23) (Cesgranrio) Uma lente biconvexa é imersa dois líquidos A e B, comportando-se, ora como lente convergente, ora como lente divergente, conforme indicam as figuras a seguir.



Sendo n_A, n_B e n_C, os índices de refração do líquido A, do líquido B e da lente, respectivamente, então é correto afirmar que:

a) $n_A < n_B < n_C$
b) $n_A < n_C < n_B$
c) $n_B < n_A < n_C$
d) $n_B < n_C < n_A$
e) $n_C < n_B < n_A$

24) (Fuvest) Um disco é colocado diante de uma o lente convergente, com o eixo que passa por seu centro coincidindo com o eixo óptico da lente. A imagem P do disco é formada conforme a figura.



Procurando ver essa imagem, um observador coloca-se, sucessivamente, nas posições A, B e C, mantendo os olhos num plano que contém o eixo da lente. (Estando em A, esse observador dirige o olhar para P através da lente). Assim, essa imagem poderá ser vista

a) somente da posição A
b) somente da posição B
c) somente da posição C
d) somente das posições B ou C
e) em qualquer das posições A, B ou C

25) Uma lente plano-convexa imersa no ar (n = 1,0) apresenta índice de refração de 1,4 e raio de curvatura igual a 10 cm. Assinale, entre as alternativas a seguir, aquela que corresponde à distância focal dessa lente.

a) 25 m^{-1}
b) 0,25 m^{-1}
c) 0,5 m^{-1}
d) 0,05 m^{-1}
e) 0,4 m^{-1}

26) (Fuvest) Na formação das imagens na retina da vista humana normal, o cristalino funciona como uma lente:

a) convergente, formando imagens reais, diretas e diminuídas;
b) divergente, formando imagens reais, diretas e diminuídas;
c) convergente, formando imagens reais, invertidas e diminuídas;
d) divergente, formando imagens virtuais, diretas e ampliadas;
e) convergente, formando imagens virtuais, invertidas e diminuídas.

27) Uma lente côncavo-convexa tem raios iguais, respectivamente, a 40 cm e 20 cm. O índice de refração da lente é 2. Sabendo que ela está imersa no ar, determine:

a) sua distância focal;
b) sua convergência em dioptrias;
c) a posição da imagem de um objeto colocado a 30 cm dessa lente.

Referências

http://alfaconnection.net/pag_avsf/luz0501.htm

http://educar.sc.usp.br/otica/lente.htm#introducao

http://www.fisicaevestibular.com.br/exe_opt_16.htm

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172004000100003&script=sci_arttext

http://www.seara.ufc.br/folclore/folclore243.htm

http://www.if.ufrgs.br/~mittmann/astronomia_aula_fundamentos_de_otica_2013-2.pdf

http://www.ensinoadistancia.pro.br/EaD/Fisica-4/Aulas/Aula-14/aula-14.html

http://www.laboratoriorigor.com.br/lentes_materiais.html

http://cref.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Mirando_espelho_concavo.pdf

http://projetomedicina.com.br/site/attachments/article/430/fisica_optica_lentes_esfericas_exercicios.pdf

https://sphaericaest.com.br/gradiente-de-refracao-atmosferica-e-suas-variaveis/

https://www.researchgate.net/figure/Index-of-refraction-of-moist-air-in-MWIR-top-and-LWIR-bottom-for-a-model-with-given_fig2_273475827

https://en.wikipedia.org/wiki/Mie_scattering

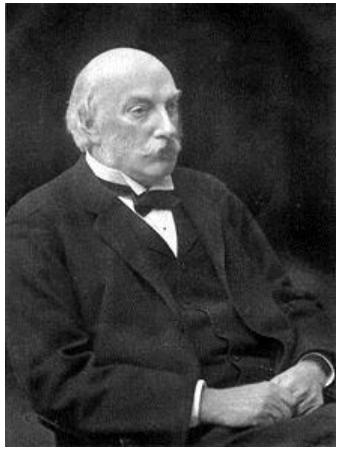
https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM

https://www.britannica.com/science/gas-state-of-matter/Molecular-sizes

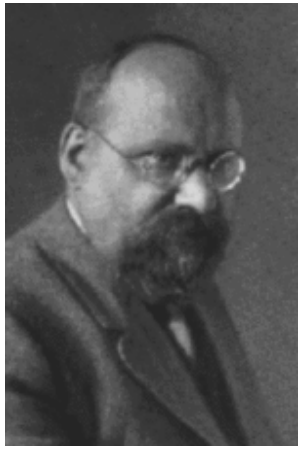
Por que o mar muda de cor?

http://demonstracoes.fisica.ufmg.br/artigos/ver/93/12.-O-Arco-iris#:~:text=Essa%20depend%C3%AAncia%20da%20velocidade%20da,nenhuma%20ou%20praticamente%20nenhuma%20dispers%C3%A3o.

Por que o céu é azul?



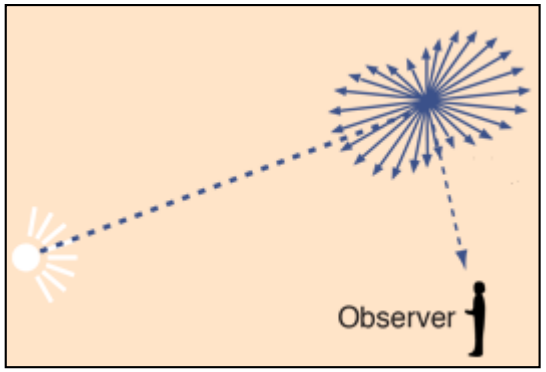
John W. Strutt
(Lord Rayleigh)
1842 - 1919
Nobel de 1904



Gustav A.F.W.L. Mie
1868 - 1957

"Espalhamento Rayleigh"

$$I_{esp} = I_0 \left(\frac{1+\cos^2\theta}{2R^2}\right)\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^4\left(\frac{n^2-1}{n^2+2}\right)^2\left(\frac{d}{2}\right)^6$$

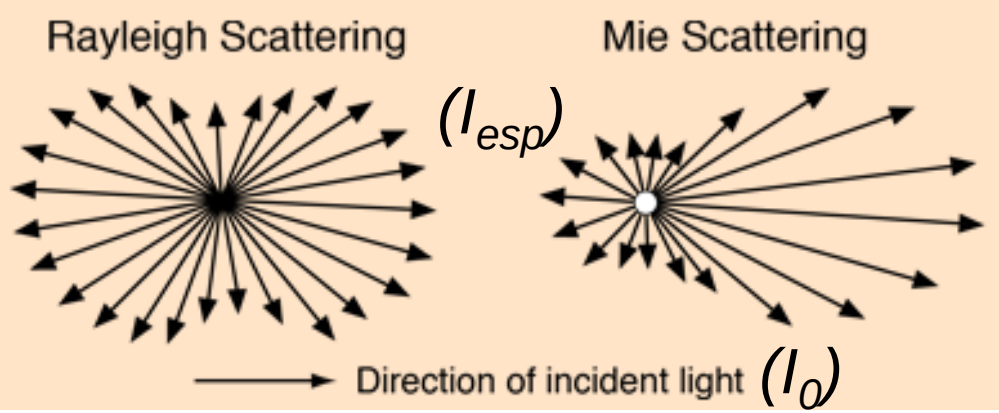


I_{esp} → intensidade de luz espalhada
I_0 → intensidade da luz antes da interação com a partícula
R → distância entre a partícula e o observador
θ → ângulo de espalhamento
λ → comprimento de onda considerado
n → índice de refração da partícula
d → diâmetro da partícula

O espalhamento em ***400*** nm é 9,4 vezes maior que aquele em ***700*** nm, para a mesma intensidade.

http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/atmos/blusky.html

O Espalhamento Rayleigh funciona para partículas de diâmetro com até 10% do comprimento de onda da radiação incidente.

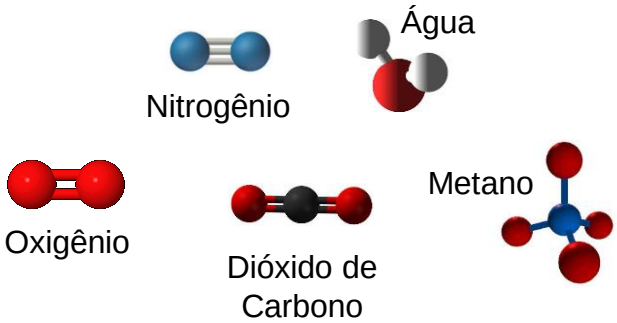


Para partículas maiores do que 10% do comprimento de onda da radiação incidente (resíduos de combustão, compostos orgânicos, metais, poeira, pólen, bolor, fuligem etc) vale o Espalhamento Mie, que independe de λ.

$$400\ nm < \lambda_{visível} < 700\ nm$$

$$\emptyset_{gases\ ar} \rightarrow 10^{-1}\ a\ 1\ nm$$

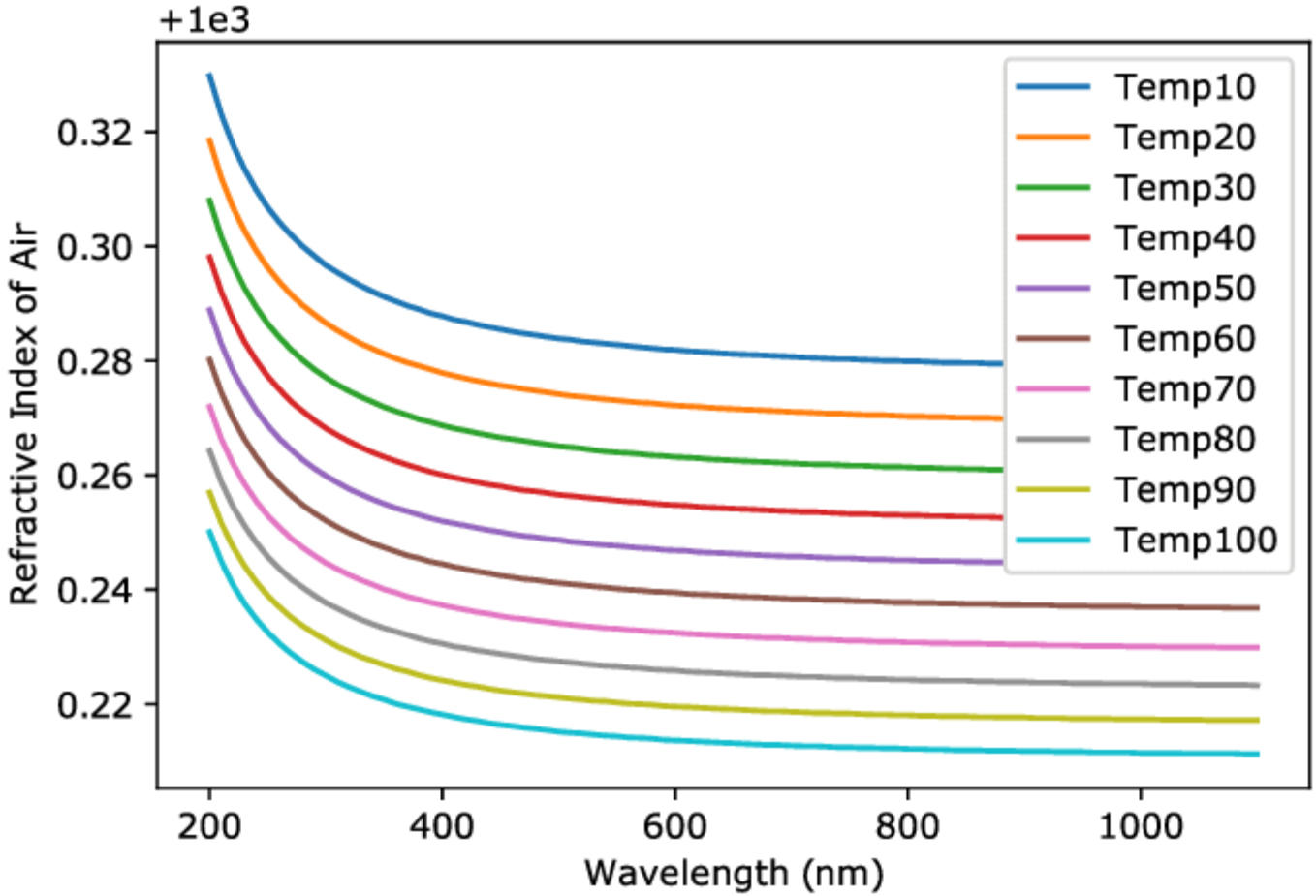
$$250\ nm < l_{particulados} < 10^{+6}\ nm$$



http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/atmos/redsun.html

https://en.wikipedia.org/wiki/Mie_scattering

http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/atmos/mirage.html



https://www.researchgate.net/figure/shows-how-the-refractive-index-of-air-decreases-with-an-increase-in-wavelength-and_fig1_340266830