

# Óptica geométrica

Prof. Toni Burgatto  
Prof. Henrique Goulart

*Aula 12*

## SUMÁRIO

<i>Introdução</i> .....	3
<i>1 - A Luz</i> .....	4
1.1 - <i>Conceitos básicos</i> .....	5
<i>2 - Reflexão da luz</i> .....	13
2.1 - <i>As leis da reflexão</i> .....	13
2.2 - <i>O espelho plano</i> .....	14
2.3 - <i>A construção gráfica das imagens no espelho plano</i> .....	16
2.4 - <i>Campo visual de um espelho plano</i> .....	20
<i>3- Espelhos esféricos</i> .....	21
3.1 – <i>Tipos de espelhos esféricos</i> .....	21
3.2 - <i>Termos importantes</i> .....	21
3.3 - <i>Definição e posição do foco</i> .....	22
3.4 - <i>Convenções e referenciais</i> .....	23
3.5 - <i>Raios notáveis</i> .....	24
3.6 - <i>Posição das imagens</i> .....	26
<i>4 - Refração da luz</i> .....	29
4.2 - <i>As leis da refração</i> .....	30
<i>5 – Lentes Esféricas</i> .....	31
5.1 – <i>Classificação das lentes esféricas</i> .....	31
5.2 – <i>Definições importantes</i> .....	32
5.3 – <i>Comportamento óptico das lentes esféricas</i> .....	35
5.4 – <i>Raios luminosos particulares</i> .....	36
5.5 – <i>Determinação gráfica das imagens em lentes esféricas</i> .....	37
<i>6 - Lista de exercícios</i> .....	41
<i>7 - Gabarito sem comentários</i> .....	55
<i>8 - Lista de exercícios comentada</i> .....	55
<i>9 - Considerações finais da aula</i> .....	76
<i>10 - Referências bibliográficas</i> .....	77
<i>11 - Versão de aula</i> .....	78



## Introdução

Além de fazer as questões do CN, não deixe de fazer as questões das outras instituições que construirão seu conhecimento.

Preste muito atenção e tome nota na questão 08 Colégio Naval 2007. Ela traz um pedaço da teoria que é importante.

Caso tenha alguma dúvida entre em contato conosco através do fórum de dúvidas do Estratégia ou se preferir:



 @proftoniburgatto



 @profhenriquegoulart

# 1 - A Luz

A luz é um tipo de **radiação eletromagnética**. Nesse tipo de onda se enquadram ondas de rádio, de TV, de radar, raios infravermelhos, a luz, raios ultravioleta, raios X, raios gama, dentre outros.

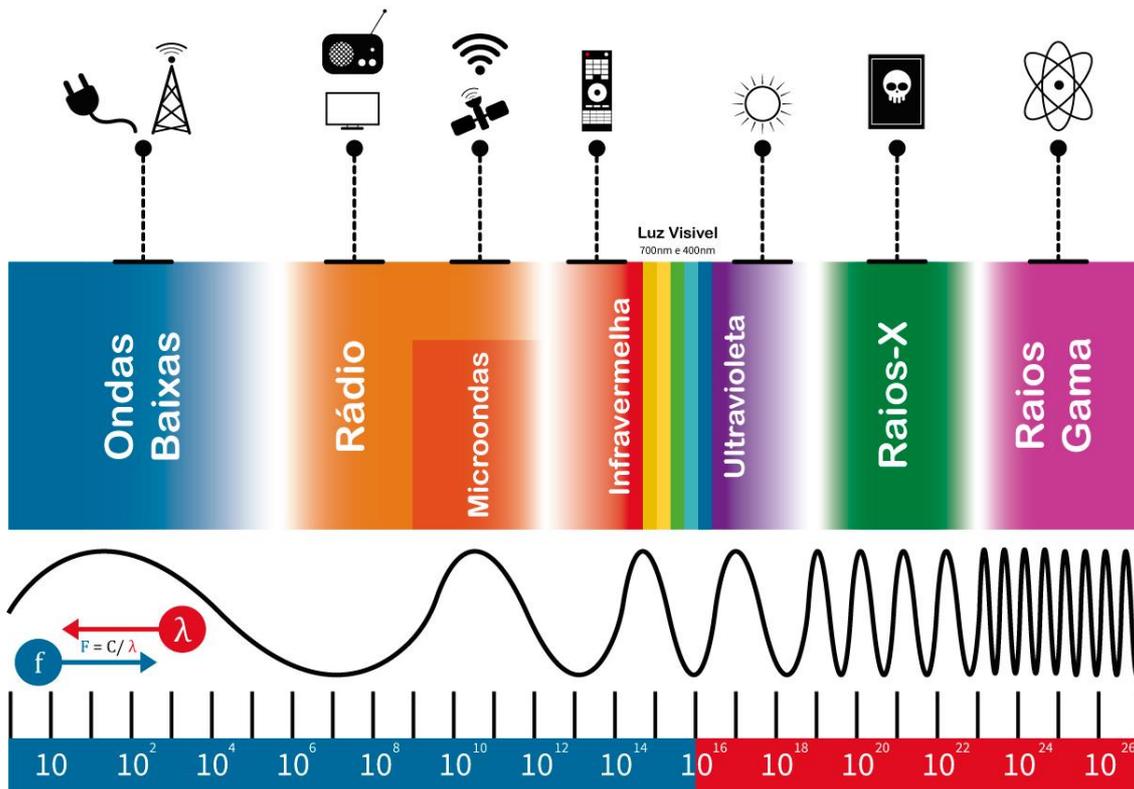


Figura 07.01 – Espectro eletromagnético.

A **velocidade de propagação** de uma onda eletromagnética **no vácuo** é constante e vale, aproximadamente:

$$c \cong 3,0 \cdot 10^5 \text{ km/s} = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Em meios materiais a velocidade de propagação da luz é menor que a sua velocidade no vácuo. Essa diferença gera o fenômeno da **refração** da luz.

A luz visível se difere dos outros tipos de radiação eletromagnética pela capacidade de estimular o aparelho óptico humano, nos concedendo a visão.

ESCLARECENDO!



**Sem luz não existe visão.** As cores não existem, o que você enxerga é a luz.

As cores decorrem das diferentes frequências, por consequência dos comprimentos de onda, das radiações eletromagnéticas que compõem o espectro eletromagnético visível.



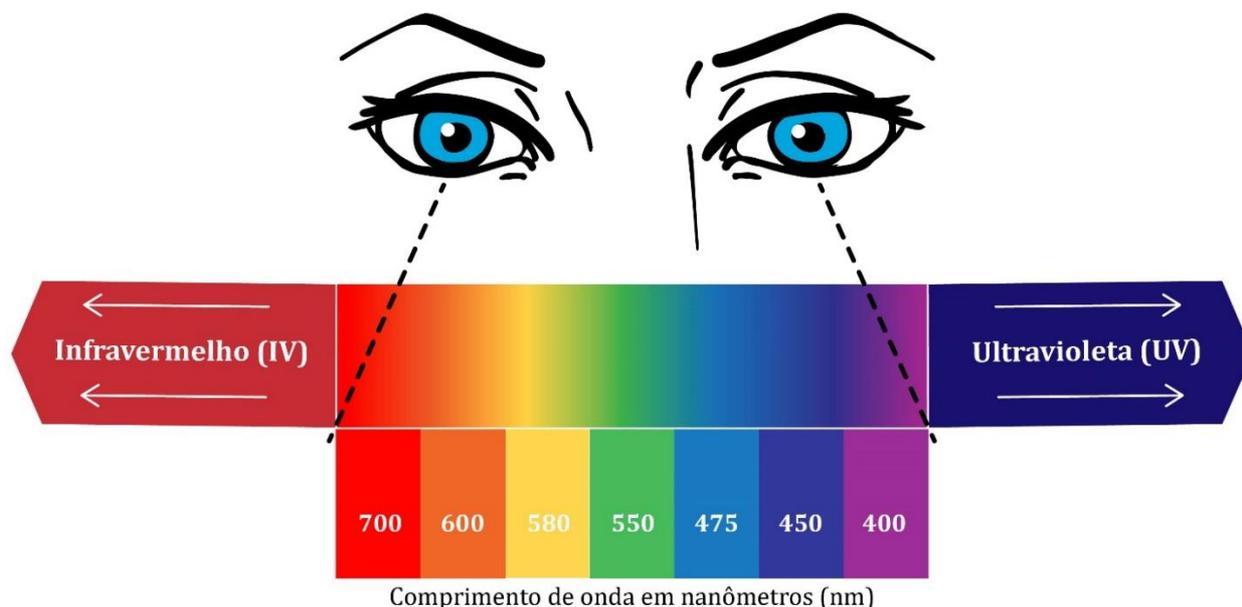


Figura 07.02 – Espectro eletromagnético visível.

A vida existente na Terra está subordinada à energia radiante proveniente do Sol. Nesse astro ocorrem reações de fusão nuclear envolvendo átomos de hidrogênio, e parte da energia resultante desses eventos chega ao nosso planeta na forma de radiação infravermelha, luz visível e radiação ultravioleta.

A ótica é o ramo da Física que estuda os fenômenos luminosos. Nessa aula, abordaremos a ótica geométrica e as aplicações dessa ciência na vida humana, das quais as principais são:

- Fotografia e cinematografia
- Instrumentos de observação como telescópios, microscópios, lupas e lunetas.
- Correção de defeitos da visão (lentes).
- Equipamentos de iluminação.

## 1.1 - Conceitos básicos

### 1.1.1 - Fontes de luz

Todos os corpos dos quais podemos receber luz são considerados fontes luminosas. Devemos destacar o Sol, uma lâmpada, a chama de uma vela, dentre outros.



A lua **não** é uma **fonte** luminosa, ela simplesmente **reflete** a luz do Sol.

Os corpos que emitem luz própria também podem ser chamados de **fontes primárias**, em contrapartida, corpos que refletem a luz proveniente de outros corpos são denominados **fontes secundárias**.



As fontes de luz também podem ser classificadas em pontuais (ou puntiformes) e extensas. Essa divisão decorre das dimensões da fonte luminosa e do corpo a ser irradiado, além da distância entre os dois.

A lanterna de um celular pode ser considerada uma fonte pontual de luz para um teclado de computador. Por outro lado, uma lâmpada fluorescente tubular seria considerada uma fonte extensa. Para o nosso estudo, a diferença prática dos dois tipos de fonte reside na formação de sombras simples ou com penumbras.

### 1.1.2 - Meios opacos, translúcidos e transparentes

Meios opacos não permitem a propagação de luz. Ao incidir em um corpo opaco, a luz é por ele absorvida ou refletida. A madeira, metais, alguns plásticos, e o papelão são exemplos de meios opacos.

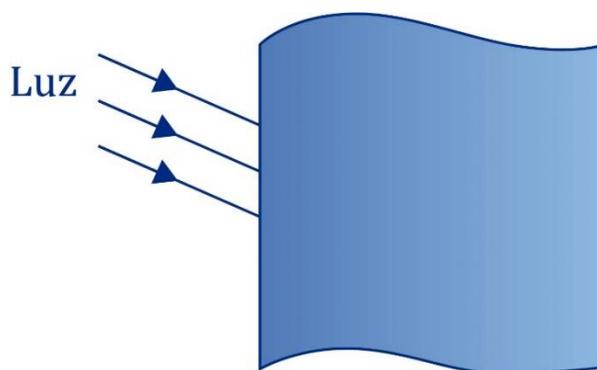


Figura 07.03 – Incidência de luz em um meio opaco.

Quando a luz atravessa um meio translúcido ocorre a sua intensa difusão, o que resulta em trajetórias irregulares. Isso acontece devido à composição desses meios, cujas partículas são capazes de criar esse efeito.

Os exemplos mais comuns são substâncias coloidais, os quais se tornam translúcidos por meio do efeito Tyndall. O papel vegetal, a neblina e alguns tipos de vidros usados em janelas de banheiros são exemplos de meios translúcidos.

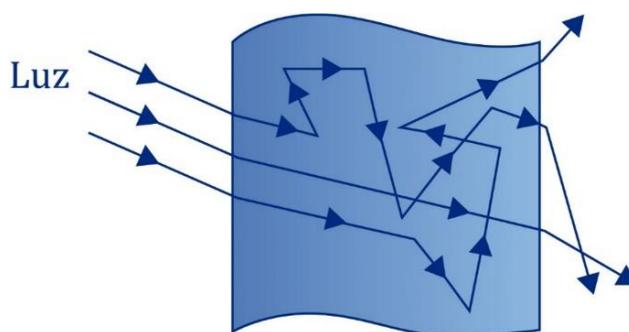


Figura 07.04 – Incidência de luz em um meio translúcido.

Meios transparentes permitem a passagem de luz de forma bem definida, descrevendo trajetórias previsíveis. Os desvios representados nas trajetórias abaixo decorrem da variação de velocidade quando a luz atravessa a **interface** entre um meio e outro. O vidro hialino, a água e o ar são considerados meios transparentes.

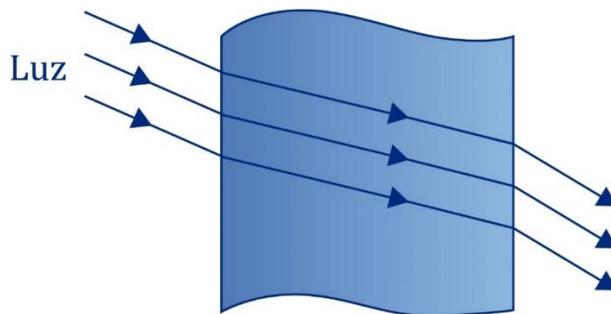


Figura 07.05 – Incidência de luz em um meio transparente.

### 1.1.3 - Princípio da independência dos raios de luz

Um raio de luz é uma semirreta orientada, com origem na fonte e perpendicular às frentes de luz. Essas, por sua vez, são as fronteiras entre uma região já iluminada e outra ainda não atingida. Os raios de luz têm como função indicar a direção e o sentido de propagação da luz num meio.

O princípio da independência dos raios luminosos enuncia que a propagação de um feixe de raios de luz não é perturbada pela propagação de outros feixes na mesma região. Isso significa que quando ocorre o cruzamento entre dois ou mais raios de luz, cada um deles segue a sua trajetória de forma independente.

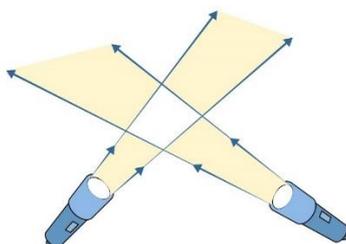


Figura 07.06 – Independência dos raios de luz.

Aluno, isso significa que em um problema que apareçam vários raios de luz, você não deve se preocupar com a interação dos feixes causando alterações na sua trajetória.

### 1.1.4 - Princípio da propagação retilínea da luz

Em um meio homogêneo e transparente, a luz se propaga em linha reta.



Figura 07.07 – A propagação retilínea da luz.

Aproveitando a oportunidade, o que é um meio Homogêneo? E um isótropo? E um ordinário?



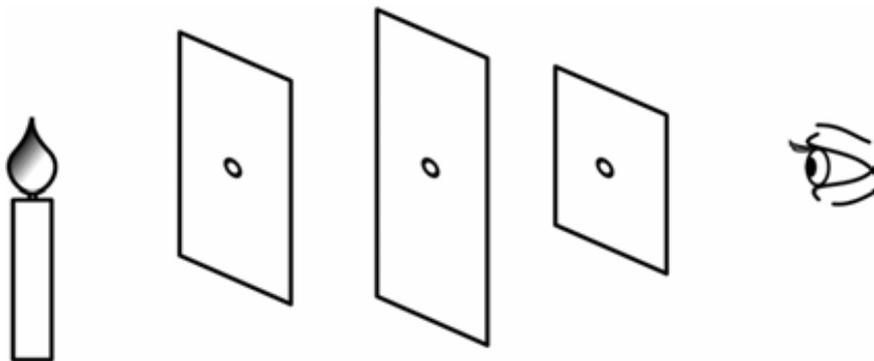
Um **meio homogêneo** é aquele que apresenta propriedades constantes ao longo de todas as porções de seu volume.

Um **meio isótropo** é aquele no qual a velocidade de propagação da luz independe da direção de propagação no seu interior.

Um **meio ordinário** é, simultaneamente, transparente, homogêneo e isótropo. O melhor exemplo de meio ordinário é o vácuo.

**(2019/EEAR)**

Considere um observador frente a três anteparos, em um meio homogêneo e transparente, cada um com um orifício em seu respectivo centro, conforme mostra a figura que se segue. Através desses orifícios, o observador consegue enxergar a chama de uma vela devido a um princípio da Óptica Geométrica denominado \_\_\_\_\_.



- a) Princípio da independência dos raios de luz.
- b) Princípio da reversibilidade dos raios de luz.
- c) Princípio da propagação retilínea da luz.
- d) Princípio da reflexão dos raios de luz.

### Comentários

A luz propaga-se em linha reta em um meio homogêneo. Isso explica o fato de o observador conseguir enxergar a luz da vela através dos orifícios.

**Gabarito: "c"**

### 1.1.5 - Sombra e penumbra

Uma **fonte de luz pontual** que **projeta luz** em um **corpo opaco** cria uma região de **sombra**.



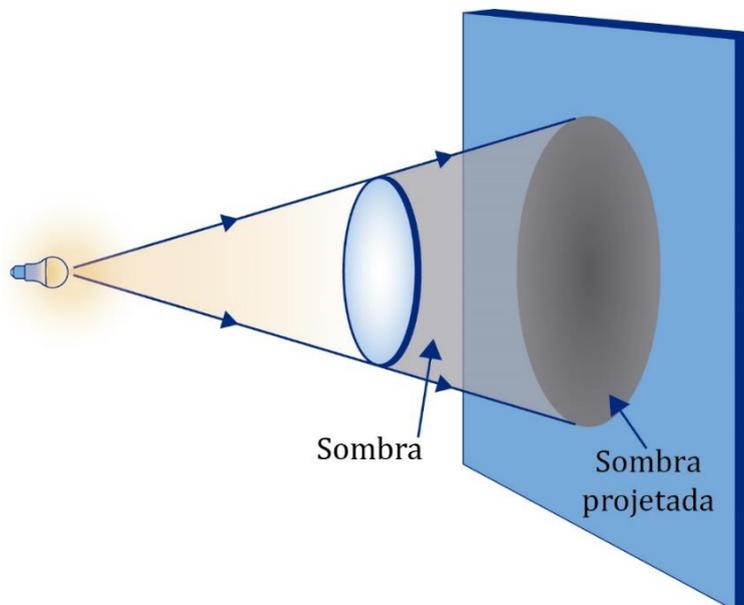


Figura 07.08 – A sombra projetada pela luz de uma fonte pontual incidente em um corpo opaco.

Se a fonte de luz for extensa, serão projetadas uma região de **penumbra** e uma de **sombra**. Na sombra ocorre a **ausência total** de incidência de raios luminosos, por outro lado, em um região de penumbra ocorre a **incidência parcial** de raios luminosos.

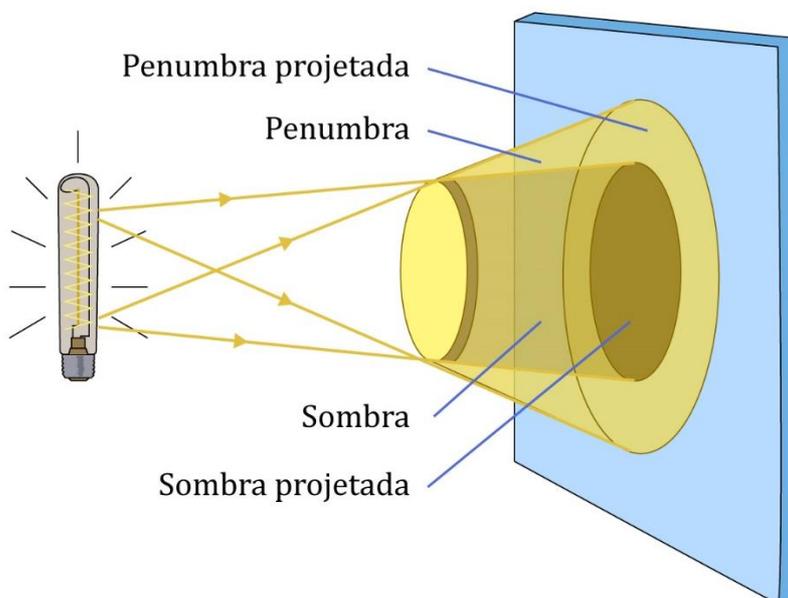


Figura 07.09 – A sombra e a penumbra projetadas pela luz de uma fonte extensa incidente em um corpo opaco.

A palavra **umbra** tem origem no Latim, ou seja, é um anacronismo, e significa ausência total de luz. Já a palavra **penumbra** remete à ausência parcial de luz. O prefixo “pen” significa “quase”, daí a penumbra é a quase sombra, quase ausência completa de luz.

O mesmo ocorre para as palavras último e penúltimo: o penúltimo é quase o último.

### 1.1.6 - Luz e visão: a percepção de cores.

A luz branca contém todas as radiações visíveis, e pode ser decomposta nas diversas frequências através de um processo chamado de dispersão da luz.



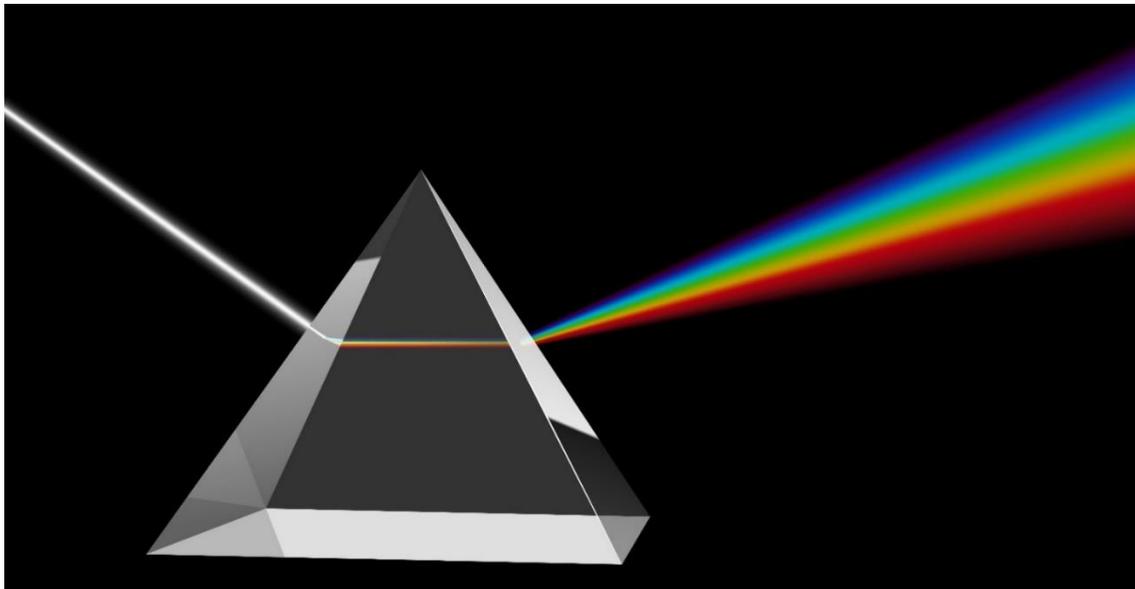


Figura 07.10 – A dispersão da luz. Fonte: Shutterstock.

Quando a radiação branca incide sobre uma camisa de cor azul, o tecido da camisa absorve a radiação eletromagnética de todas as frequências, com a exceção da radiação azul, que é refletida e chega até os nossos olhos. Isso é o que nos faz chamar de escrever um objeto como azul.

Uma camisa de cor preta, por sua vez, absorve todas as frequências da luz visível, e não reflete frequência alguma. Por isso temos a sensação visual do preto.

A luz é uma forma de energia, conseqüentemente, a absorção de luz implica aporte de calor. Por esse motivo, uma camisa de cor preta traz a sensação de calor maior, se comparada a uma camisa similar e de cor branca. O tecido de uma camisa de cor branca é capaz de refletir a radiação eletromagnética de todas as frequências visíveis, minimizando a absorção de energia e a geração de calor.

**O que acontece quando a bandeira do Brasil é irradiada com luz monocromática azul?**



Figura 07.11 – A bandeira oficial da República Federativa do Brasil.

O círculo central aparecerá inalterado, visto que a radiação azul será por ele refletida e estimulará a nossa visão. A listra central e as estrelas, por serem brancas, são capazes de refletir

qualquer radiação eletromagnética. Como estão pulsadas com radiação monocromática azul, refletirão o azul, e nos trarão a sensação de azul. Por último, a região verde e a região amarela não são capazes de refletir a radiação azul, logo, absorverão essa luz e, por não refletirem radiação alguma, trarão a sensação de preto.

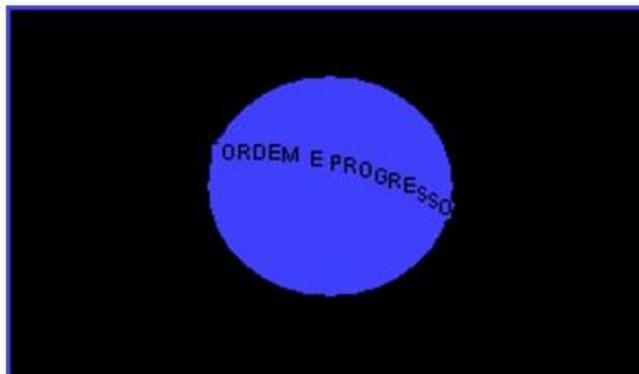


Figura 07.12 – A bandeira da República Federativa do Brasil irradiada com luz monocromática azul.

Qual seria o resultado se a nossa bandeira fosse irradiada com luz monocromática verde, e com a amarela?



Figura 07.13 – A bandeira da República Federativa do Brasil irradiada com luz monocromática verde e, em seguida, amarela.



Um corpo **branco reflete** todas as cores do espectro solar. Um corpo **preto absorve** todas as cores do espectro solar.

Já um corpo vermelho nos parecerá vermelho quando iluminado por luz branca ou monocromática vermelha, qualquer outra cor será por ele absorvida e nos causará a sensação de preto.

### 1.1.7 - A reversibilidade da propagação da luz

Um raio de luz pode ser revertido, ou seja, sua propagação pode se dar em mesma direção e sentido oposto ao original. Isso significa que em mesmas condições, a trajetória seguida pela luz independe do sentido de propagação.



Essa propriedade nos permite, por exemplo, observar a imagem dos olhos do motorista quando estamos sentados no banco traseiro de um carro.

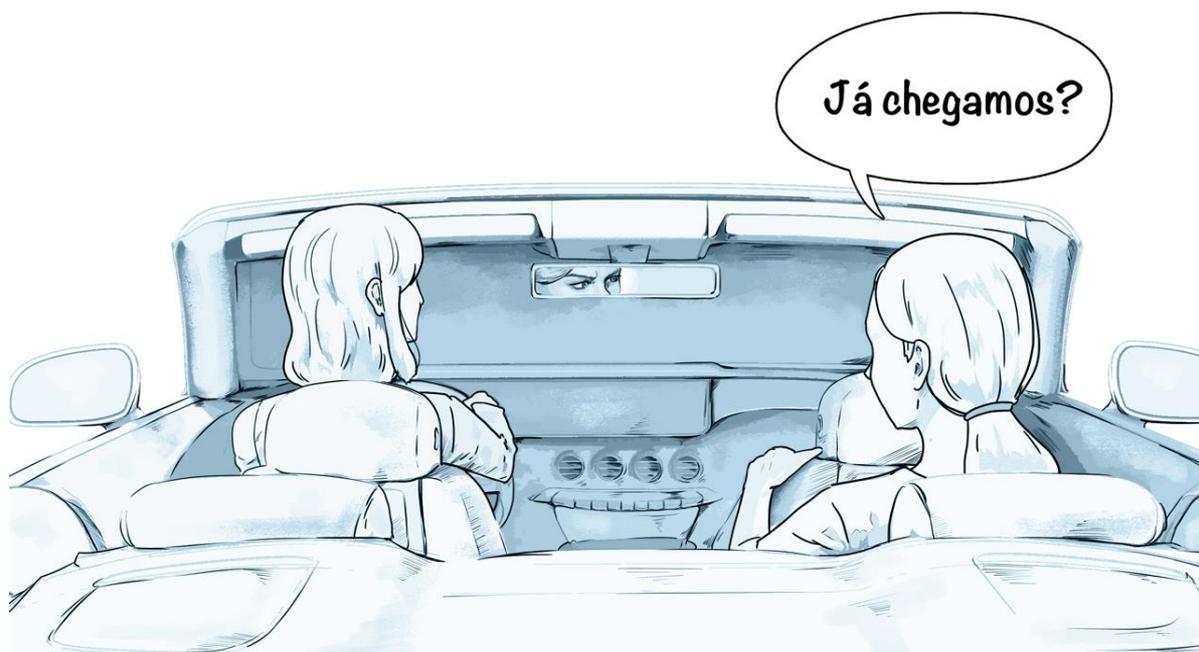


Figura 07.14 – A reversibilidade da propagação da luz.

**(2017/EEAR)**

Associe corretamente os princípios da óptica geométrica, com suas respectivas definições, constantes abaixo.

- I. Princípio da propagação retilínea da luz.
- II. Princípio da independência dos raios de luz.
- III. Princípio da reversibilidade dos raios de luz.

- ( ) Num meio homogêneo a luz se propaga em linha reta.
- ( ) A trajetória ou caminho de um raio não depende do sentido da propagação.
- ( ) Os raios de luz se propagam independentemente dos demais.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta para o preenchimento das lacunas acima.

- a) I, II e III.
- b) II, I e III.
- c) III, II e I.
- d) I, III e II.

### Comentários

I - Num meio homogêneo e transparente, a luz se propaga em linha reta. Isso remete ao princípio da propagação retilínea da luz.

II – Pelo princípio da independência dos raios de luz, os raios de luz se propagam de forma independente dos demais.

III – De acordo com o princípio da reversibilidade dos raios de luz, a trajetória de um raio independe do seu sentido de propagação.

**Gabarito: “d”**



## 2 - Reflexão da luz

A reflexão é o fenômeno no qual a luz volta a se propagar no seu meio de origem, após incidir na interface entre esse e outro meio.

Podemos esquematizar um raio sofrendo reflexão em uma superfície polida e refletora:

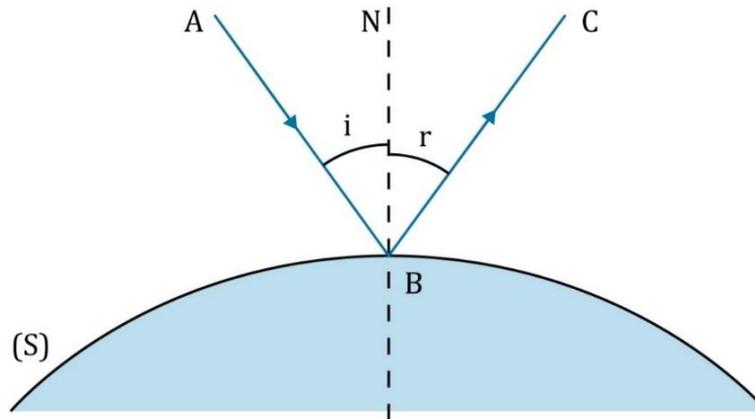


Figura 07.15 – A reflexão de um raio luminoso.

Nessa esquema, **S** representa a superfície polida e refletora, **AB** o raio incidente, **BC** o raio refletido, **N** a reta normal à superfície, ***i*** o ângulo de incidência e ***r*** o ângulo de reflexão.



O ângulo de incidência deve ser medido **entre o raio incidente e a reta normal**. E não entre o raio incidente e a superfície refletora. Isso também vale para o ângulo de reflexão.

A reflexão pode ser **difusa** ou **regular**, também chamada de especular. Na reflexão difusa da luz, os raios que incidem em alguma superfície são refletidos de forma aleatória, desordenada. O processo da reflexão difusa da luz nos permite enxergar os objetos ao nosso redor, visto que eles não possuem luz própria.

Por outro lado, a reflexão regular, ou especular, é aquela que ocorre na superfície plana e polida de um espelho, por exemplo. A reflexão regular permite que as imagens sejam formadas com bastante nitidez.

### 2.1 - As leis da reflexão

A reflexão da luz segue duas leis, que já foram verificadas teórica e experimentalmente.



### 2.1.1 - A 1ª Lei da Reflexão

O raio incidente, o raio refletido e a reta normal no ponto de incidência são **coplanares**. Isso significa que a reta que contém o raio de luz incidente, a reta que contém o raio refletido e a reta normal pertencem a um mesmo plano.

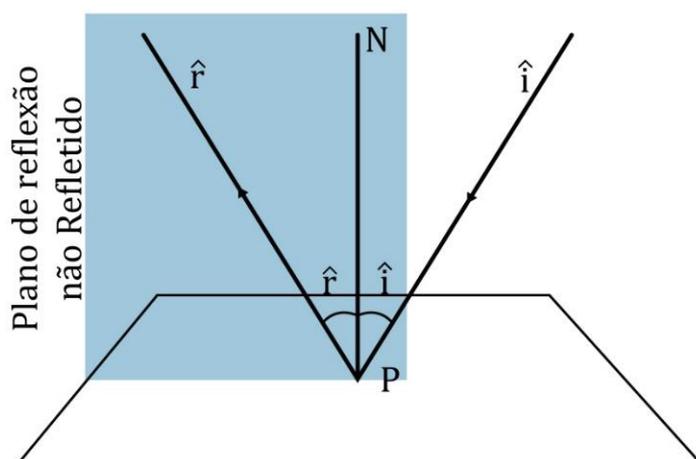


Figura 07.16 – A 1ª Lei da Reflexão.

### 2.1.2 - A 2ª Lei da Reflexão

O ângulo de incidência é **sempre congruente** ao ângulo de reflexão.

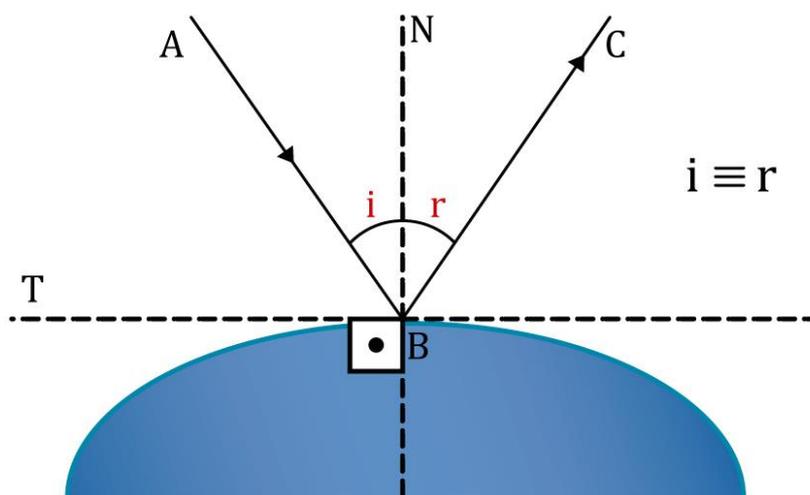


Figura 07.17 – A 2ª Lei da Reflexão.

## 2.2 - O espelho plano

Espelhos eram produzidos a partir do polimento de chapas metálicas, o que era um processo caro e nem sempre eficaz. Com o avanço da química, os espelhos passaram a ser produzidos a partir da deposição química de uma película de prata em uma superfície plana, como uma lâmina de vidro hialino de faces paralelas.

Em um espelho há predominância da **reflexão regular**, ou especular. Um espelho plano consiste em uma superfície refletora plana capaz de criar uma imagem nítida, de mesma orientação

e de mesmo tamanho que o objeto a ser refletido. Essa tipo de imagem é chamada de **enantiomorfa**, ou seja, tem forma contrária à do objeto.

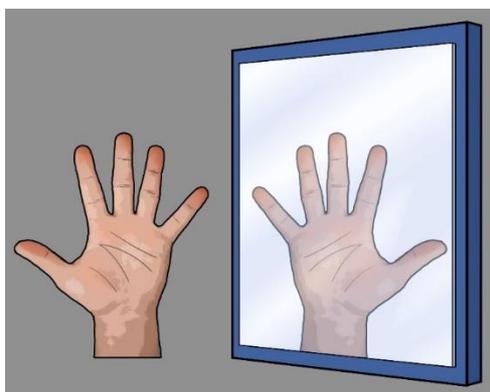


Figura 07.18 – Um espelho plano projeta uma imagem enantiomorfa.

O enantiomorfismo faz com que as imagens produzidas por espelhos planos, em vias de regra, sejam não-superponíveis ao objeto que a originou.

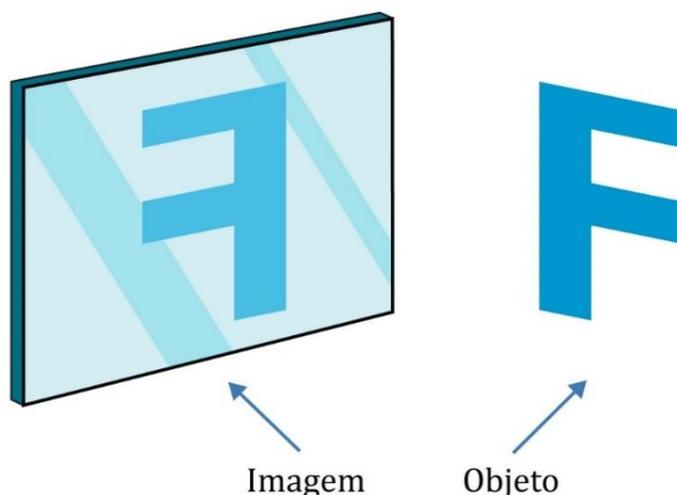


Figura 07.19 – Objeto e imagem enantiomorfa que são não-superponíveis.

Contudo, podem ocorrer casos nos quais a imagem produzida por um espelho plano seja superponível ao objeto que a deu origem. Para isso, é necessário que o objeto apresente um eixo de simetria vertical, como a letra “A”:



Figura 07.20 – Objeto e imagem enantiomorfa que são superponíveis.

CURIOSIDADE



Alguns veículos usados em emergências, como os do Corpo de Bombeiros Militar, ou ambulâncias, têm o seu nome grifado na forma anterior do veículo de forma a facilitar a leitura por um motorista à sua frente, usando o espelho retrovisor interno, que é um tipo de espelho plano.

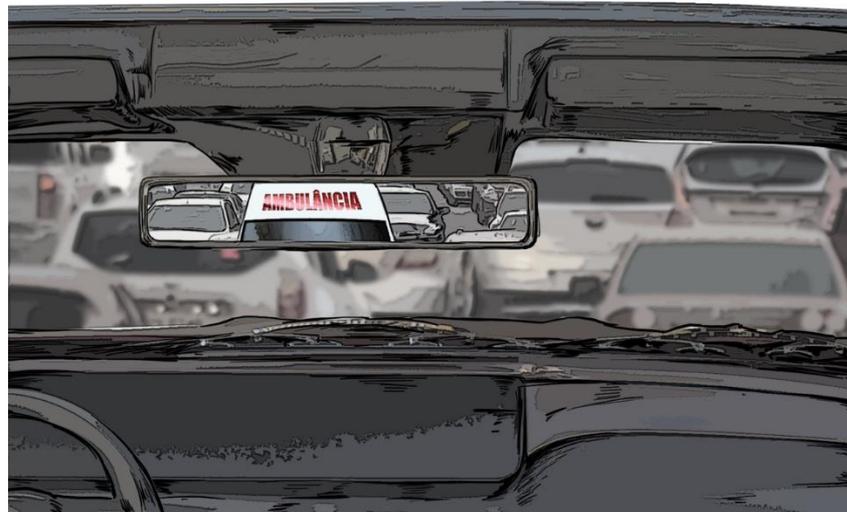


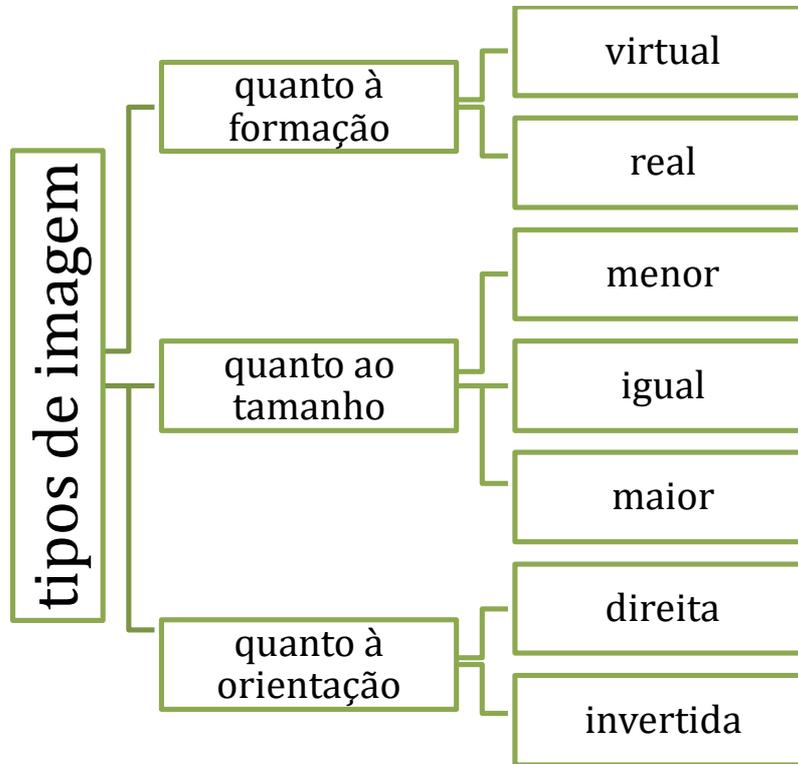
Figura 07.30 – A grafia peculiar de alguns tipos de veículos de emergência.

### 2.3 - A construção gráfica das imagens no espelho plano

Para entendermos as características de uma imagem formada por um espelho plano, precisamos entender alguns conceitos.

Uma imagem pode ser **virtual** ou **real**, seu tamanho pode **igual**, **menor** ou **maior** ao objeto, e sua orientação pode ser a **mesma** ou **invertida** em relação ao objeto.





Se a luz advinda de um ponto definido como objeto, após interagir com uma interface refratora ou um dispositivo refletor, **convergir** para um ponto, então teremos uma **imagem real**.

Por outro lado, se a luz advinda de um ponto definido como objeto, após interagir com uma interface refratora ou um dispositivo refletor, **divergir** para um ponto, então teremos uma **imagem virtual**.

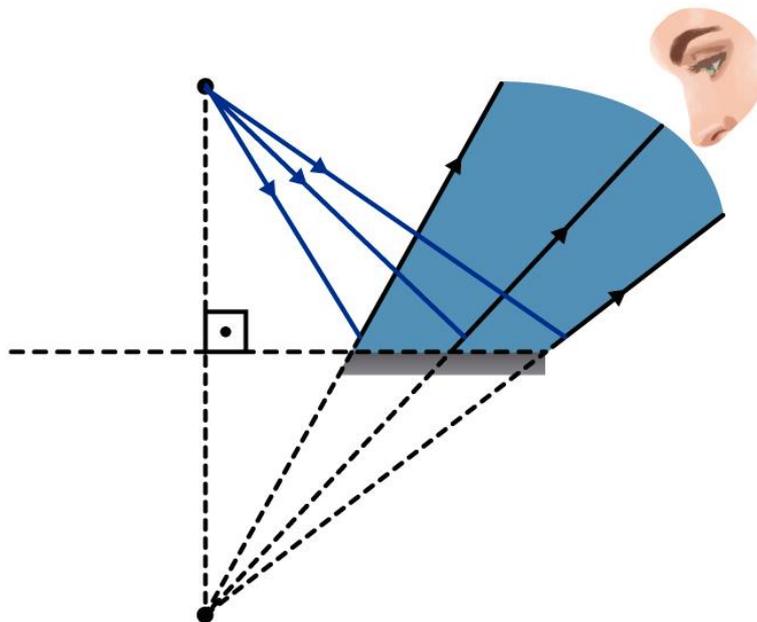


Figura 07.21 – A formação de uma imagem virtual.

Para que ocorra a formação de uma imagem, é preciso que os raios luminosos converjam. A imagem formada por um espelho plano advém do prolongamento dos raios luminosos, visto que os raios luminosos se afastam após a reflexão.

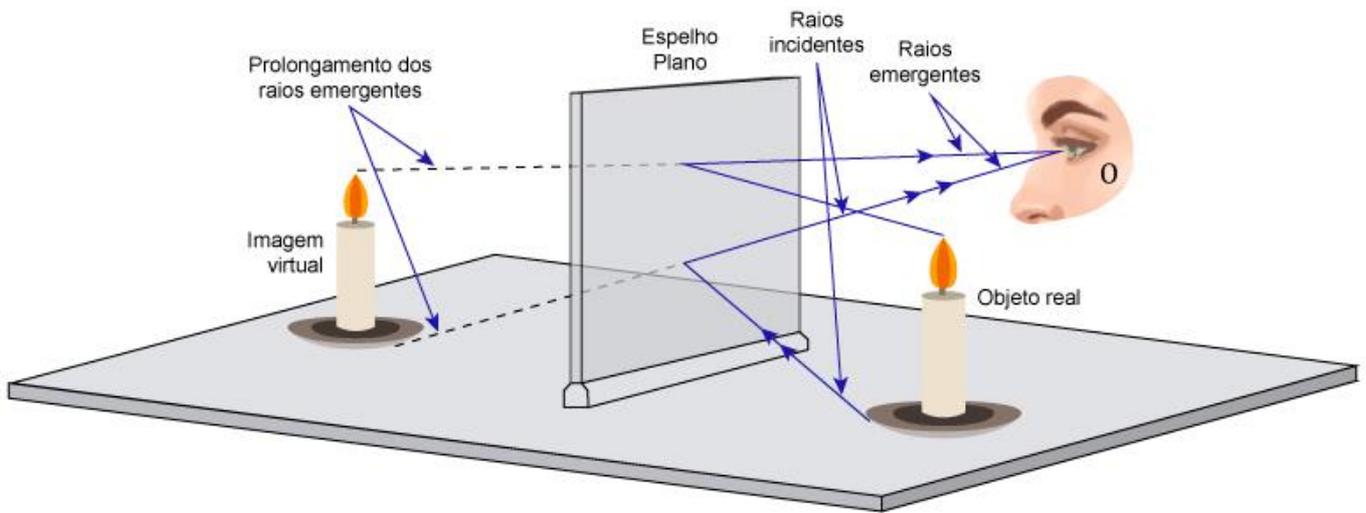
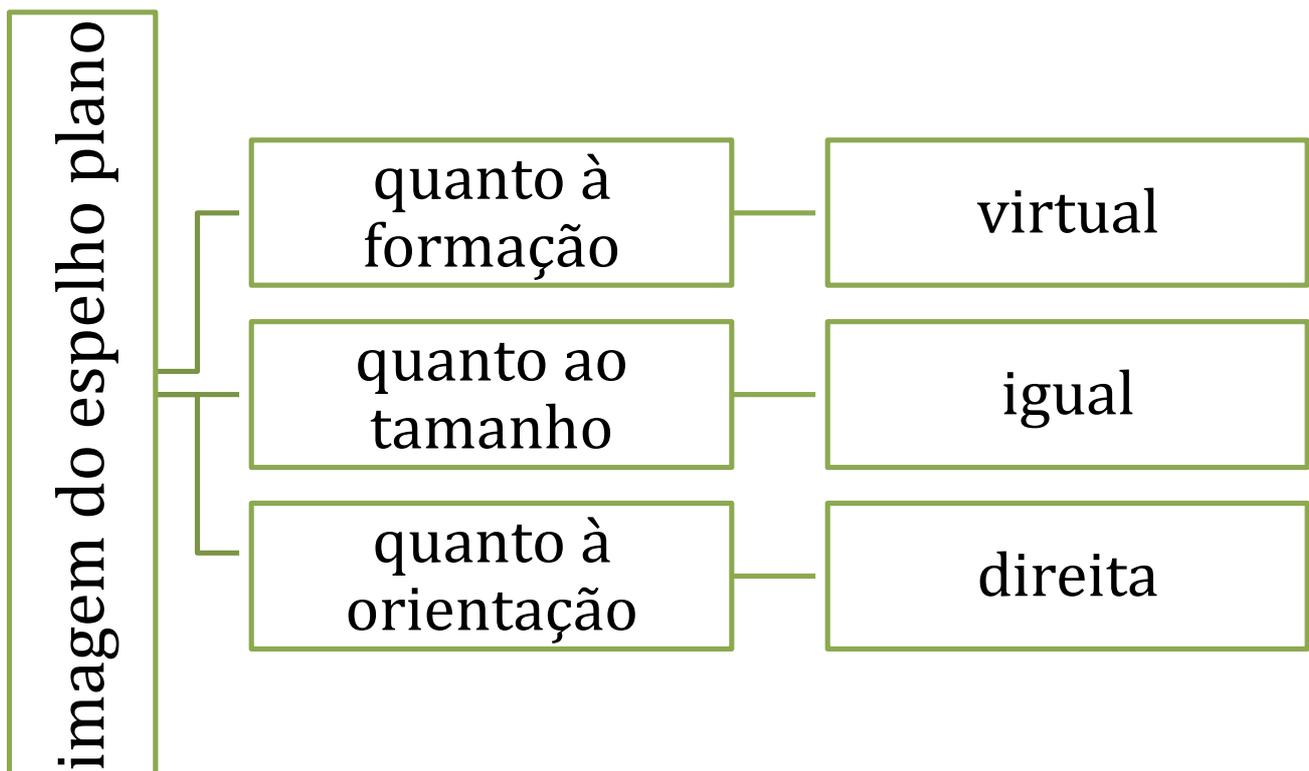


Figura 07.22 – Um espelho plano projeta uma imagem virtual direita e de mesmo tamanho do objeto original.

Um espelho plano projeta uma imagem que se forma à mesma distância do objeto ao espelho, porém no interior do plano do espelho, através do cruzamento do prolongamento dos raios luminosos. Essa imagem tem o mesmo tamanho e orientação do objeto original. Por esses motivos, a imagem formada por um espelho plano é dita **virtual**, **direita** e de **mesmo tamanho** do objeto.





Nos espelhos planos, o objeto e a respectiva imagem formada têm sempre **natureza oposta**, isso significa que, se um for real o outro será virtual.

Dessa forma, com o uso de uma lente convergente, é possível que tenhamos um objeto virtual  $P$ , formado no plano do espelho a partir do cruzamento dos prolongamentos dos raios incidentes, enquanto uma imagem real  $P'$  é formada fora do plano do espelho.

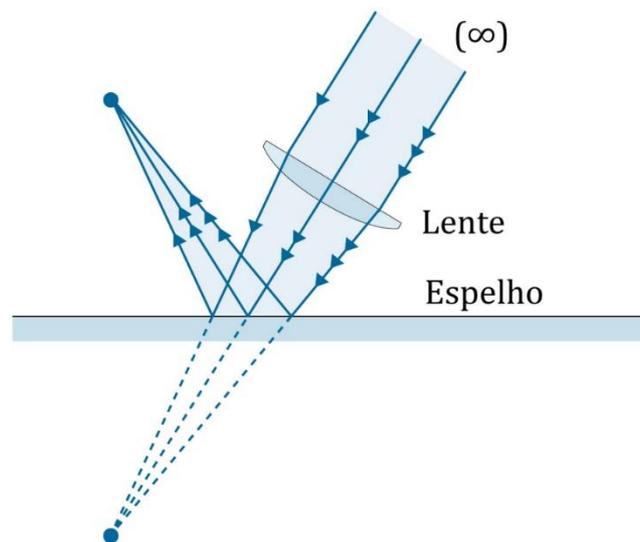


Figura 07.23 – Nos espelhos planos objeto e a respectiva imagem têm sempre naturezas opostas.

### 2.3.1 A simetria

A distância de um objeto até o espelho plano será a mesma de sua respectiva imagem ao espelho. Essa verificação é conhecida como a Propriedade Fundamental dos Espelhos planos, e faz com a imagem seja sempre simétrica ao objeto, em relação ao espelho.

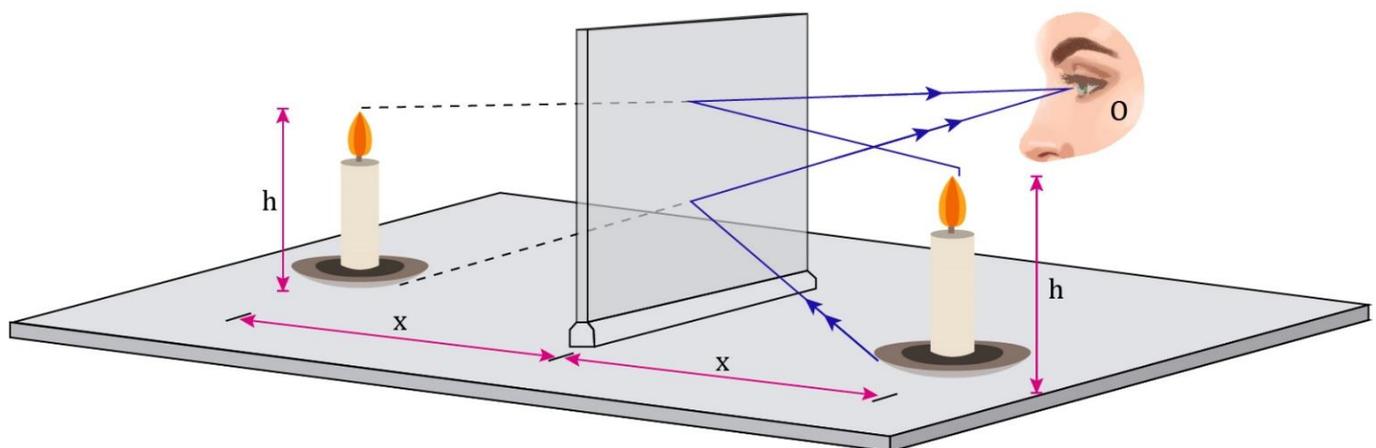


Figura 07.24 – A simetria de uma imagem formada por um espelho plano.



## 2.4 - Campo visual de um espelho plano



O campo visual de um espelho plano representa a região do espaço que pode ser por ele observada em função da reflexão da luz no espelho.



Figura 07.25 – O campo visual de um espelho plano.

Questões que cobram o campo visual de um espelho plano são recorrentes, e podem ser resolvidas de maneira simples, pela projeção do observador no interior do espelho seguida do traçado de duas semirretas, que passam pelas extremidades do espelho.

Suponha um observador  $O$ , devemos projetar o observador para dentro do plano do espelho, a uma mesma distância do eixo do espelho, isso se dá no ponto  $O'$ . Em seguida são feitas duas semirretas tracejadas, que devem interceptar as extremidades do espelho. A região delimitada por essas duas semirretas, no plano de fora do espelho, representam o campo visual do observador  $O$ .

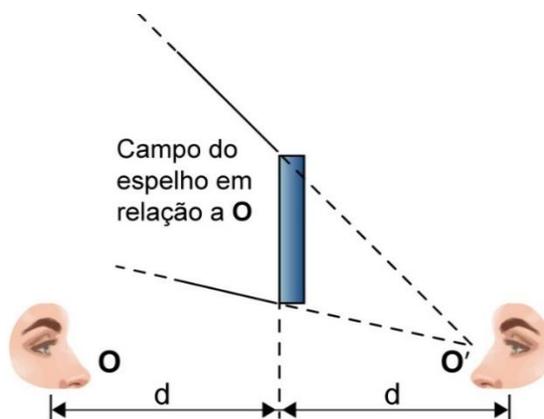


Figura 07.26 – Como determinar o campo visual de um observador.



## 3- Espelhos esféricos

Um espelho esférico é uma porção retirada de uma esfera espelhada que foi seccionada por um plano que divide a em duas **calotas esféricas**. Depois de polidas, essas superfícies passam a refletir a luz, atuando como **espelhos esféricos**.

### 3.1 – Tipos de espelhos esféricos

Dependendo da região do espelhamento da esfera, obtemos um tipo diferente de espelho esférico. Se considerarmos a superfície interna, temos um espelho **côncavo** e se olharmos a superfície externa, um **convexo**.

#### 3.1.1 - Espelho côncavo

É a porção interna retirada de uma esfera espelhada.

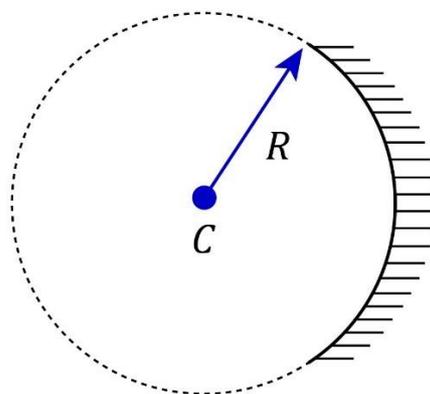


Figura 07.27: Construção de um espelho côncavo.

#### 3.1.2 - Espelho convexo

É a porção externa retirada de uma esfera espelhada.

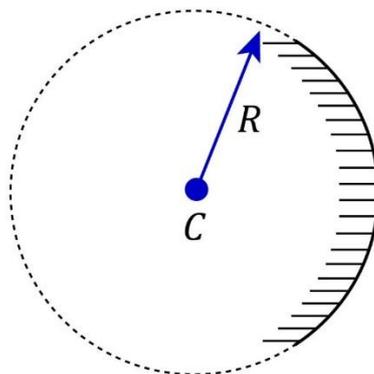


Figura 07.28: Construção de um espelho convexo.

### 3.2 - Termos importantes

Existem elementos geométricos que serão repetidos em exaustão durante a resolução de exercícios que envolvem espelhos esféricos. Procure compreender o significado de cada um deles, visto que serão importantes para o correto entendimento dos tópicos seguintes.



- **Centro de curvatura (C)** – é o centro da esfera da qual foi retirada a porção.
- **Raio de curvatura (R)** – é a distância do centro de curvatura do espelho até a casca esférica.
- **Eixo principal** – é um dos diâmetros da esfera de origem.
- **Vértice (V) ou Polo (P)** – é o ponto de encontro entre a superfície da esfera de origem e o eixo principal.

### 3.3 - Definição e posição do foco

Os raios de luz que viajam próximos ao eixo principal de um espelho esférico são denominados **raios para-axiais**. Para esse tipo de raio as aproximações de Gauss são válidas e são elas as estudadas na presente aula.

Uma outra maneira de validar as aproximações de Gauss é adotar um **ângulo de abertura do espelho suficientemente pequeno**, geralmente inferior a  $10^\circ$ . O ângulo do espelho, ou abertura do espelho, se dá entre os segmentos de reta que ligam o centro às extremidades do espelho esférico.

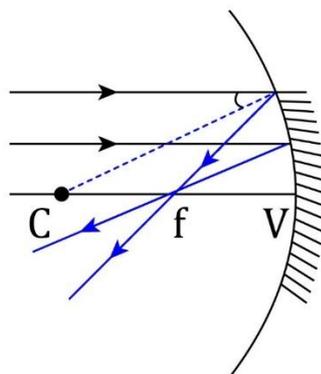


Figura 07.29: Raios que chegam paralelo ao eixo principal e saem pelo foco após a reflexão.

Nessas condições, podemos dizer que os raios que vem de distâncias suficientemente grandes, tendendo ao infinito, se encontram no foco do espelho esférico. Também podemos dizer que a distância focal mede a metade que o raio do espelho:

$$f = \frac{R}{2}$$

**A relação entre o foco e o raio de um espelho esférico**



Para a condição de raios para-axiais, o foco ( $f$ ) é o ponto de encontro dos raios refletidos que vem do infinito, paralelos ao eixo principal. Além disso, a distância focal é metade do raio de curvatura.

Cuidado com pegadinhas! Se a questão não deixar claro que os raios são para-axiais e ela for apenas qualitativa, fique atento, pois ele deve estar cobrando justamente se você sabe qual a condição para  $f = R/2$ .

## 3.4 - Convenções e referenciais

### 3.4.1 - Referência e convenção para distâncias verticais

Devemos convencionar algumas condições como positivas ou negativas para os cálculos que vamos aprender em sequência:

- Todas as distâncias são medidas em relação ao vértice (ou polo).
- Distâncias verticais acima do eixo principal são positivas.
- Distâncias verticais abaixo do eixo principal são negativas.

### 3.4.2 - Convenção para distâncias horizontais

A convenção de sinais para distâncias horizontais, tanto para objetos quanto para imagens formadas em um espelho côncavo é mostrada a seguir.

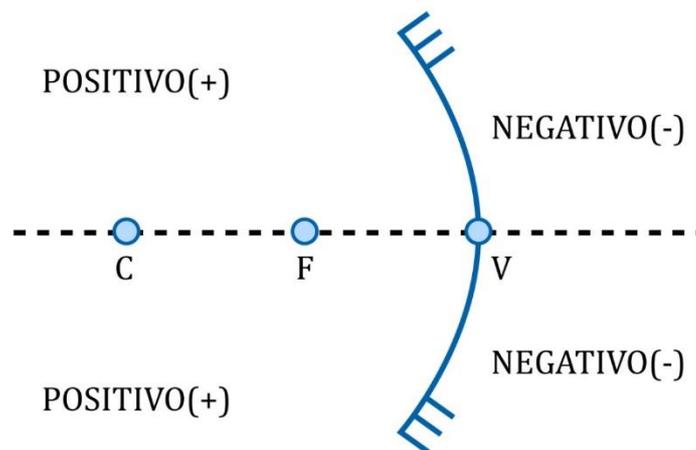


Figura 07.30: Convenção de sinais para distâncias horizontais em um espelho côncavo.

Para um espelho convexo, temos:

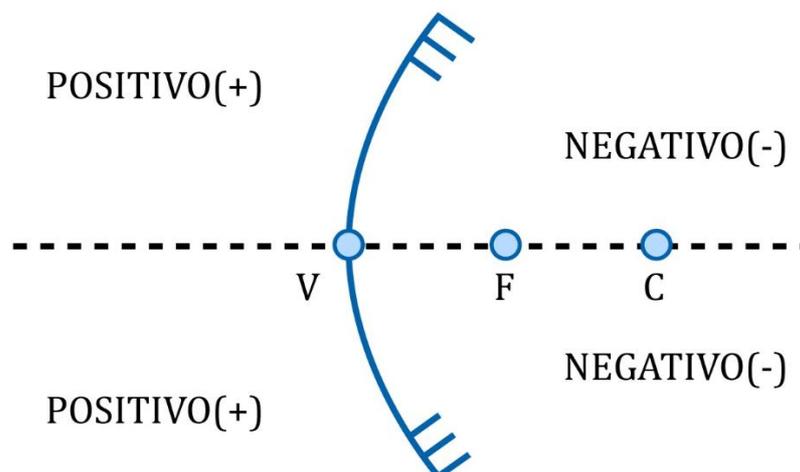


Figura 07.31: Convenção de sinais para distâncias horizontais em um espelho convexo.

Em suma, para espelhos côncavos e convexos, distâncias do mesmo lado que a superfície espelhada são positivas. Distâncias do lado não espelhado são negativas.

### 3.5 - Raios notáveis

Para os espelhos esféricos, temos alguns raios notáveis que facilitam a construção de uma imagem. Veremos alguns deles abaixo:

**1º: Todo raio luminoso que incide paralelamente ao eixo principal se reflete passando pelo foco do espelho esférico.**

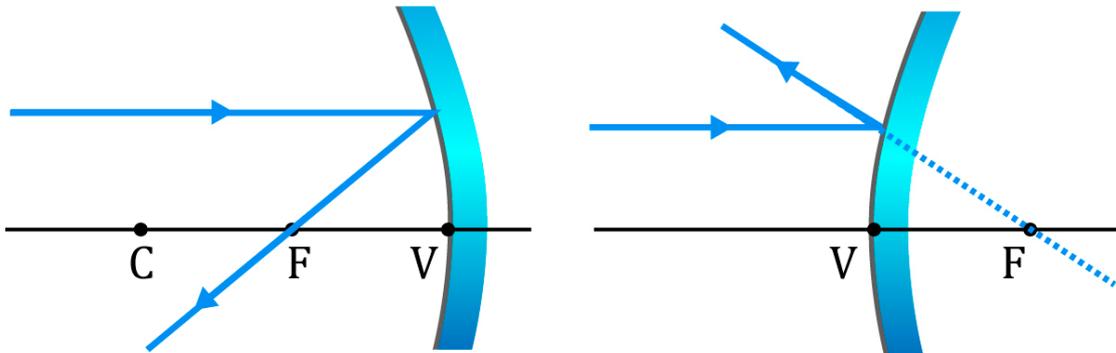


Figura 07.32: Raios que incidem paralelamente ao eixo principal .

**2º: Todo raio luminoso que incide com trajetória passando pelo foco se reflete paralelamente ao eixo principal do espelho esférico.**

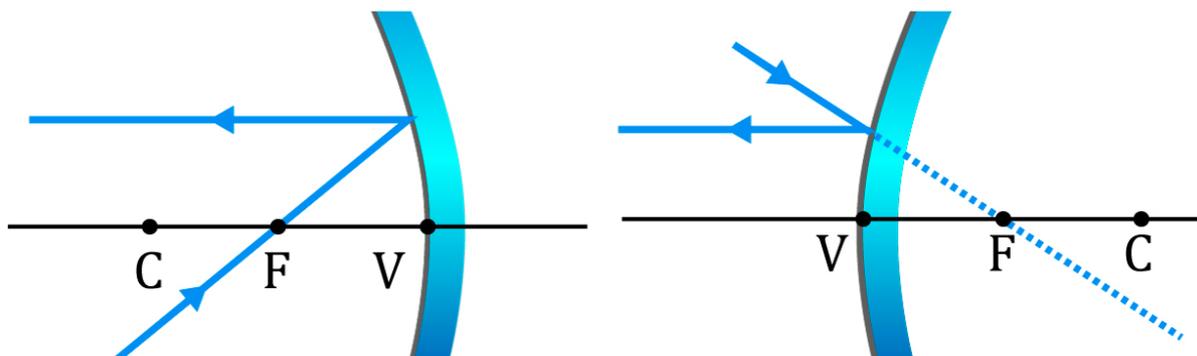


Figura 07.33: Raios que incidem passando pelo foco .

**3º: Todo raio que incide passando pelo centro de curvatura reflete-se na mesma direção e no sentido oposto.**

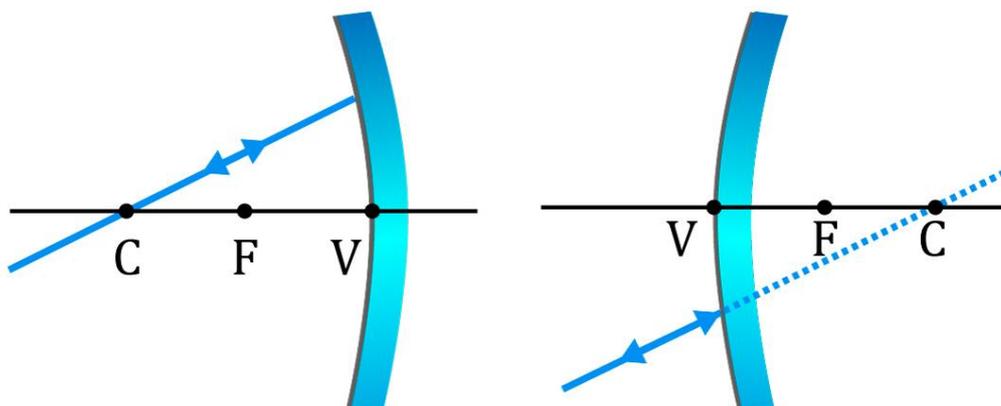


Figura 07.34: Raios que incidem passando pelo centro de curvatura do espelho .

4º: Todo raio que incide no vértice do espelho gera um raio simétrico em relação ao eixo principal

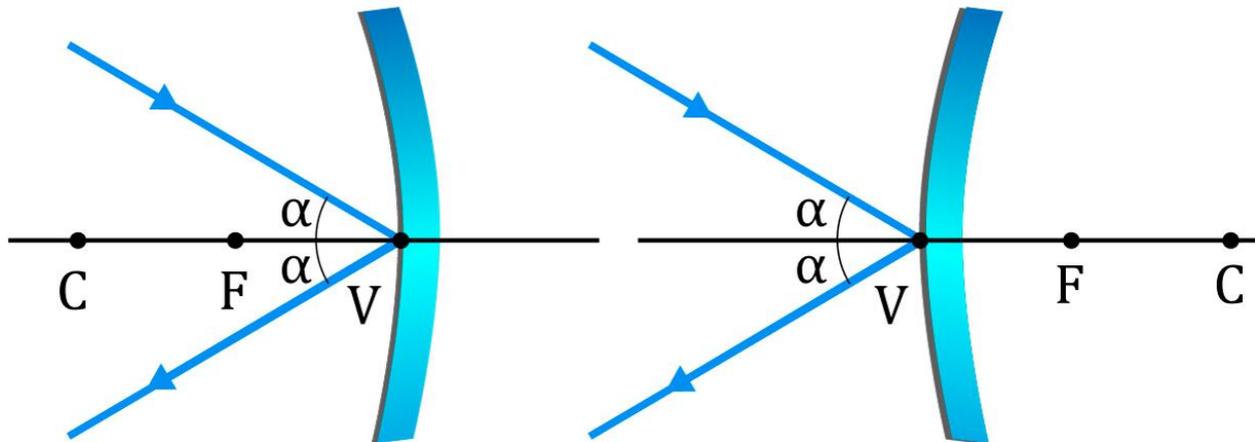
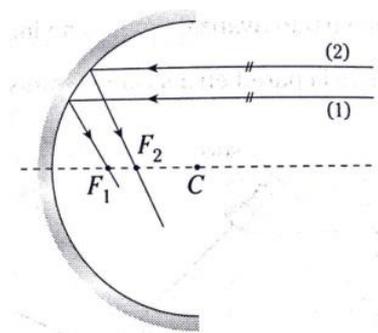


Figura 07.35: Raios que incidem passando pelo centro de curvatura do espelho .

### (QUESTÃO)

A figura abaixo mostra dois raios paralelos. Ambos, ao se refletir em um espelho esférico côncavo, se interceptam com o eixo óptico principal. Indique verdadeiro (V) ou falso (F).



- I. Os pontos F1 e F2 devem estar sobrepostos (devem coincidir).
- II. O raio (2) não é para-axial.
- III. Existe aberração esférica.

- a) VFV      b) FFF      c) FVV      d) FFF      e) FVF

### Comentários:

O fato conhecido, e muito usado em questões, de que raios paralelos são refletidos e passam pelo foco só é válido para raios para-axiais. Um raio ou feixe para-axial é um raio que faz um pequeno ângulo com o eixo óptico do sistema durante todo o trajeto por meio deste.

Aberração esférica é um fenômeno da óptica geométrica em que os raios de luz incidentes próximos à borda das lentes são muito mais refratados do que os raios que incidem próximos ao eixo óptico e os raios de luz incidentes próximo das bordas dos espelhos são refletidos além do foco.

Sendo assim, concluímos que a afirmação I é falsa e as afirmações II e III são verdadeiras.

**Gabarito: “c”.**

### 3.6 - Posição das imagens

A posição na qual a imagem se forma depende da posição do objeto em relação ao vértice do espelho esférico. Para cada posição do objeto, imagens com características distintas são formadas.

A primeira característica relevante é o fato de a imagem ser **real**, formada pelo cruzamento efetivo dos raios refletidos, ou **virtual**, formada pela interseção dos prolongamentos dos raios refletidos (situada “atrás do espelho”).

O segundo aspecto relevante é o **aumento linear** obtido que indica se a imagem é **invertida** ou **direita**, e se tem tamanho **maior**, **menor** ou **igual** ao objeto.



<b>Local</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Real, "na frente do espelho";</li><li>• Virtual, "atrás do espelho".</li></ul>
<b>Orientação</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Direita (mesma do objeto)</li><li>• Invertida em relação ao objeto.</li></ul>
<b>Tamanho</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Maior que o objeto;</li><li>• Mesmo tamanho que o objeto;</li><li>• Menor que o objeto.</li></ul>

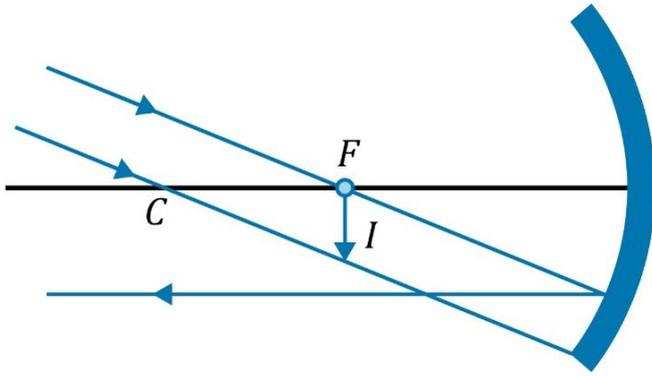
O espelho côncavo apresenta 6 casos que merecem a nossa atenção, em contraste, o espelho convexo somente um.

#### 3.6.1 - Espelho Côncavo

As possíveis posições do objeto e da imagem diante de um espelho côncavo são:

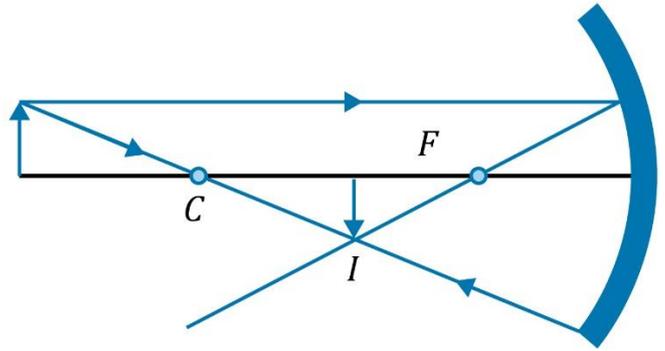
<b>Objeto real está no infinito</b> ( $p \rightarrow \infty$ )	<b>Objeto real após o centro de curvatura</b> ( $2 \cdot f < p < \infty$ )
---	---





**Características:**

- Imagem real.
- Imagem invertida.
- A imagem se forma no foco do espelho

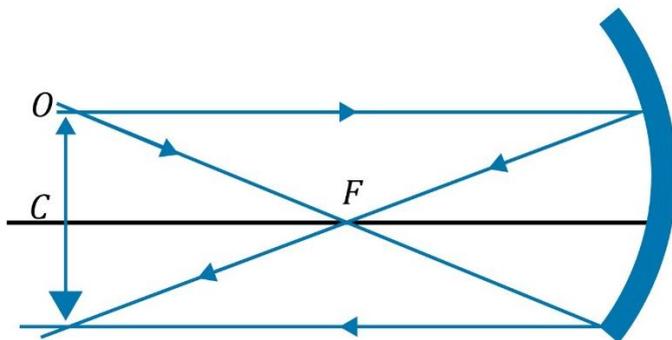


**Características:**

- Imagem real.
- Imagem invertida.
- Imagem está entre o foco e o centro de curvatura.
- Imagem é menor que o objeto.

**Objeto real está no centro de curvatura**

$$p = 2 \cdot f$$

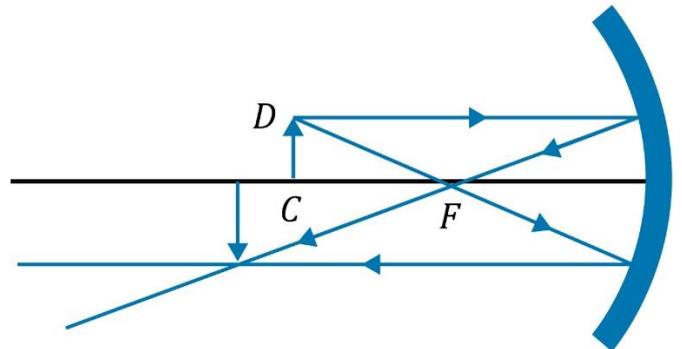


**Características:**

- Imagem real.
- Imagem invertida.
- Imagem está no centro de curvatura.
- Imagem tem o mesmo tamanho do objeto.

**Objeto real está entre o centro e o foco**

$$(f < p < 2f)$$



**Características:**

- Imagem real.
- Imagem invertida.
- Imagem maior que o objeto.

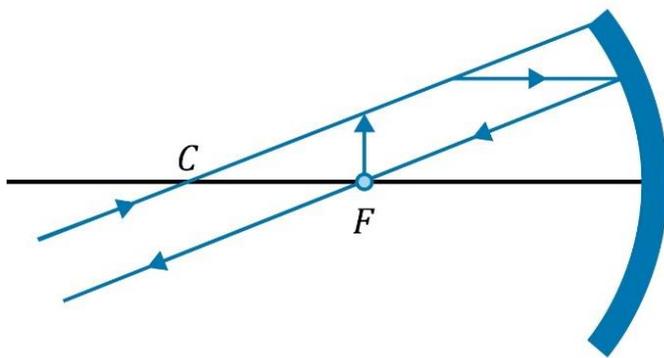
**Objeto real está no foco**

$$(p = f)$$

**Objeto real entre o foco e vértice**

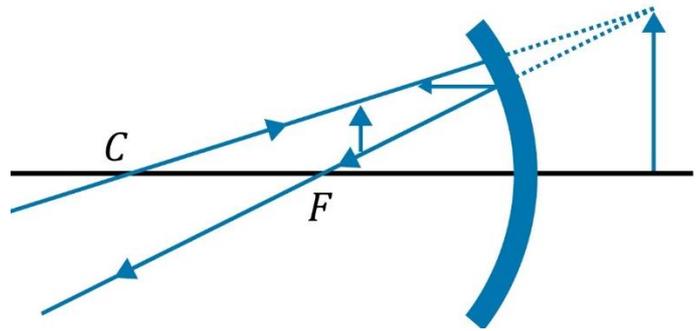
$$(0 < p < f)$$





**Características:**

- Imagem imprópria.
- Imagem está localizada no infinito.

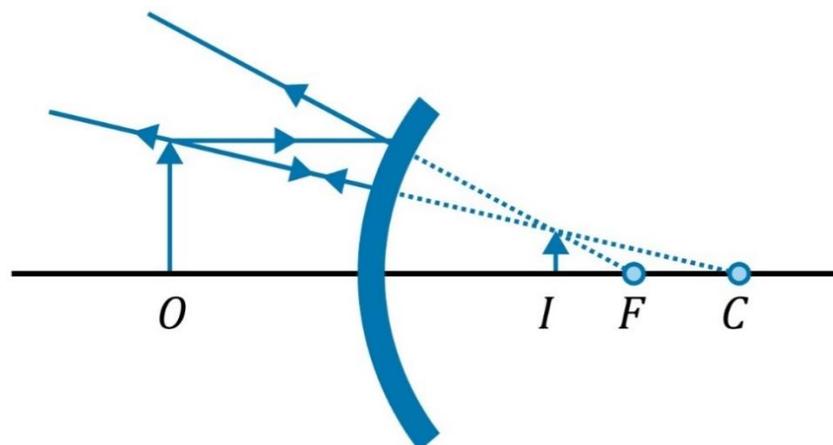


**Características:**

- Imagem virtual.
- Imagem direita.
- Imagem maior que o objeto.

### 3.6.2 - Espelho Convexo

#### Objeto real em qualquer posição



**Características:**

- Imagem virtual.
- Imagem direita.
- Imagem menor que o objeto.
- Imagem está entre o vértice e o foco.

**(2018/ESPCEX/AMAN)**

O espelho retrovisor de um carro e o espelho em portas de elevador são, geralmente, espelhos esféricos convexos. Para um objeto real, um espelho convexo gaussiano forma uma imagem

- a) real e menor.                      b) virtual e menor.                      c) real e maior.  
d) virtual e invertida.                      e) real e direita.

#### Comentários

Um espelho convexo sempre gera uma imagem virtual, direita e menor de um objeto real.





Gabarito: “b”.

## 4 - Refração da luz

Uma **interface**, ou **dióptro plano**, representa a transição entre dois meios. A superfície de um oceano, por exemplo, representa uma interface entre o ar e a água.

A luz apresenta diferentes velocidades em função, por exemplo, das massas específicas de um meio. Com isso, ela sofre um leve desvio ao atravessar uma interface, indo para dois meios opticamente diferentes, desvio esse que pode ser medido através da relação entre as velocidades da radiação eletromagnética em cada meio.

Antes de entendermos a refração, é essencial que você saiba que, ao cruzar uma interface, uma porção dos raios luminosos é refletido, e só uma parte consegue atravessá-la, através desse processo conhecido como refração.

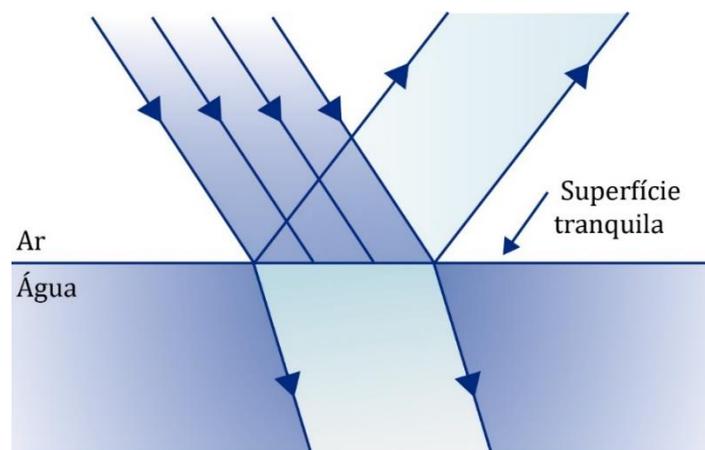


Figura 07.36 – A luz atravessando uma superfície tranquila.

Outro ponto a se destacar é que, caso a interface esteja agitada, a reflexão e a refração se darão de forma difusa, ou seja, aleatória.



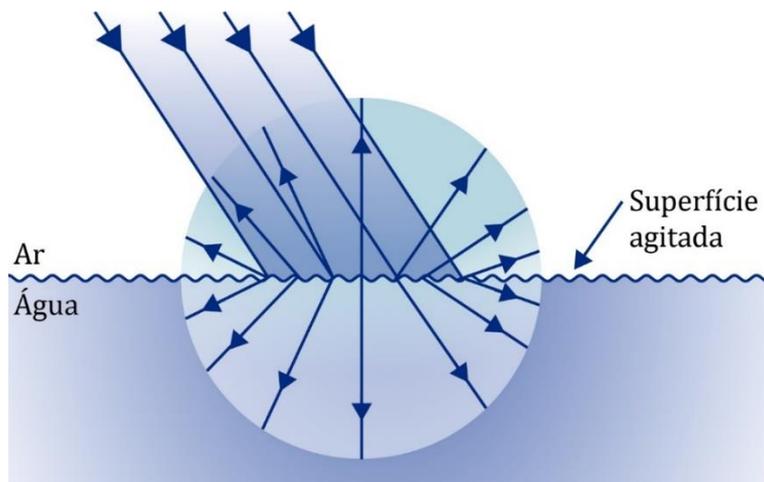


Figura 07.37 – A luz atravessando uma superfície agitada.

Por último, saiba que a frequência de uma onda luminosa se mantém constante quando ela sofre refração.

## 4.2 - As leis da refração

O fenômeno da refração é regido por duas leis. A segunda lei, a Lei de Snell, é a mais cobrada em provas.

### 4.2.1 - A 1ª Lei da Refração

Os raios incidente e refratado estão contidos num mesmo plano, ao qual também pertence a reta normal traçada pelo ponto de incidência.

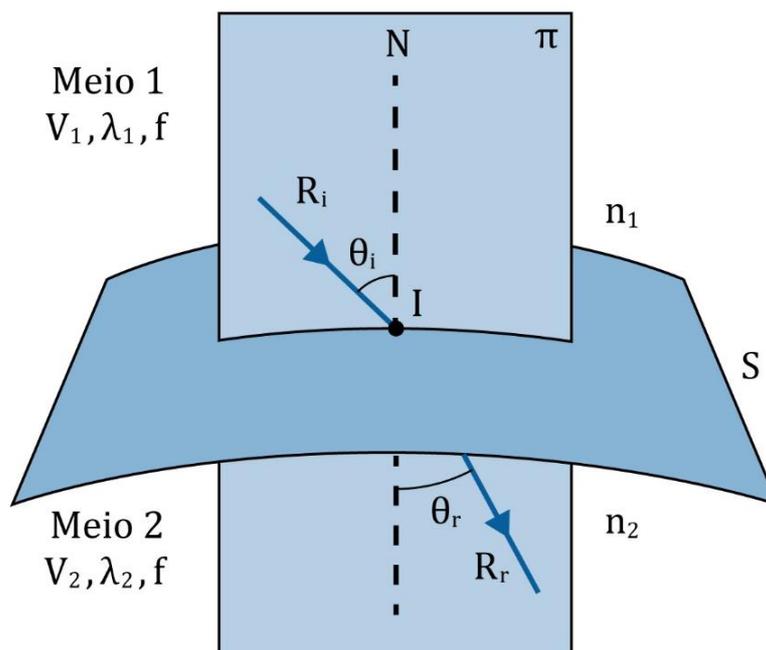


Figura 07.38 – A luz branca se decompondo nas diversas cores do espectro luminoso.

Nesse esquema, o raio incidente  $r_i$ , o raio refratado  $r_r$  e a reta normal  $N$  estão contidos no plano  $\pi$ . Perceba que a velocidade e o comprimento de onda varia em cada meio, porém a frequência, que só depende da fonte, permanece constante.

## 5 – Lentes Esféricas

As lentes esféricas são um componente óptico de tremenda importância. As suas aplicações vão desde a correção da visão até a observação espacial. Lentes são usadas em óculos, telescópios, lunetas, microscópios, câmeras e outros.

A lente esférica decorre da associação de dois dioptrios, um esférico e outro plano ou esférico. Geralmente, as lentes são feitas de vidro, acrílico ou cristal. Como esses materiais são mais refringentes que o ar, elas fazem com que a luz sofra duas refrações ao atravessá-las.

Estudaremos as lentes que obedecem à aproximação de Gauss, para isso a espessura das lentes deve ser desprezível. Isso equivale a dizer que as lentes são **delgadas**.

### 5.1 – Classificação das lentes esféricas

As lentes são classificadas quanto à espessura da região central em comparação às extremidades.

#### 5.1.1 – Lentes de bordas finas (Convergentes)

As lentes convergentes são:

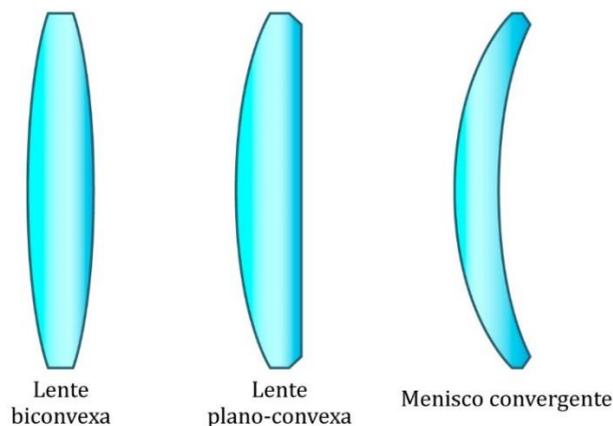


Figura 07.39: As lentes convergentes.

#### 5.1.2 – Lentes de bordas grossas (Divergentes)

Em contraste, as lentes divergentes são:

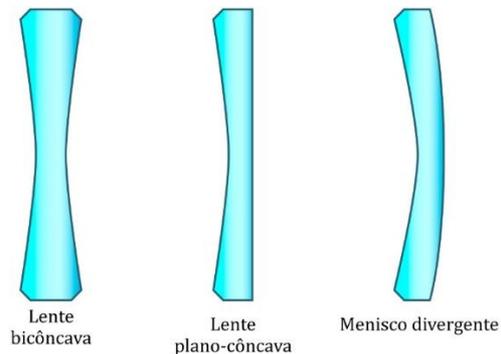


Figura 07.40: As lentes divergentes.

Em função dessa característica, a representação simplificada das lentes delgadas é dada da seguinte forma:

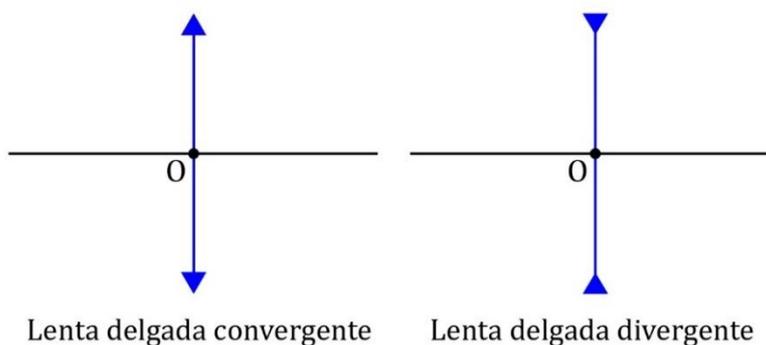


Figura 07.41: Representação simplificada das lentes delgadas.

## 5.2 – Definições importantes

A luz pode incidir a partir de qualquer um dos lados da lente e o comportamento será o mesmo, ou seja, existem dois focos nas lentes delgadas e eles são simétricos em relação à lente.

### 5.2.1 – Centro óptico

É o ponto onde o eixo principal corta a lente. Todo raio luminoso que incidir sobre esse centro emergirá da lente sem sofrer desvio angular.

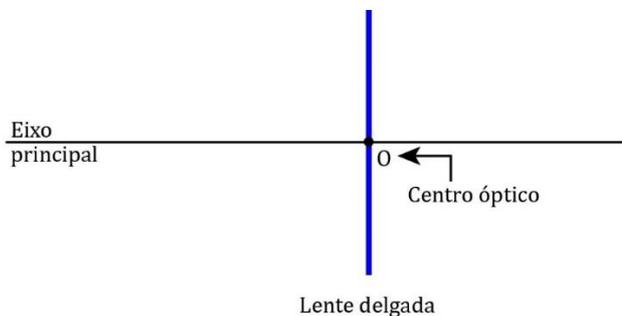


Figura 07.42: O centro óptico de uma lente.

### 5.2.2 – Pontos antiprincipais

Os pontos antiprincipais ficam no eixo principal e distam o dobro da distância focal em relação ao centro óptico. Existem dois pontos antiprincipais, o **ponto antiprincipal objeto** e o **ponto antiprincipal imagem**.

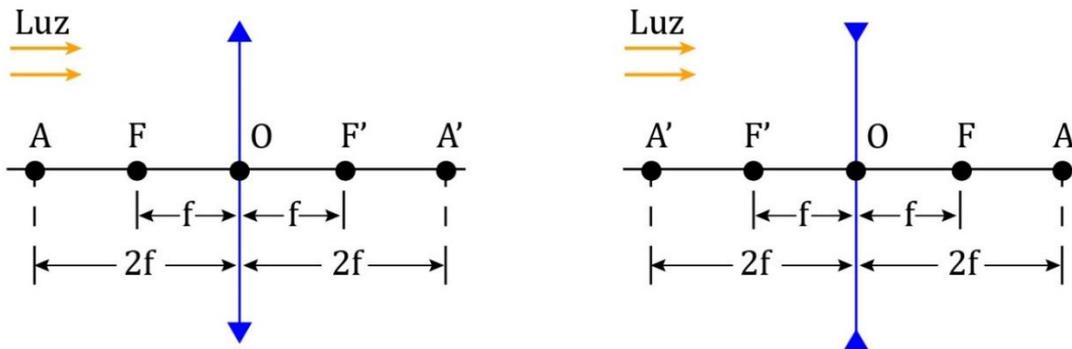


Figura 07.43: Os pontos antiprincipais de uma lente convergente e uma divergente.

### 5.2.3 – Focos e a distância focal

A distância focal de uma lente delgada é uma característica fundamental da lente.

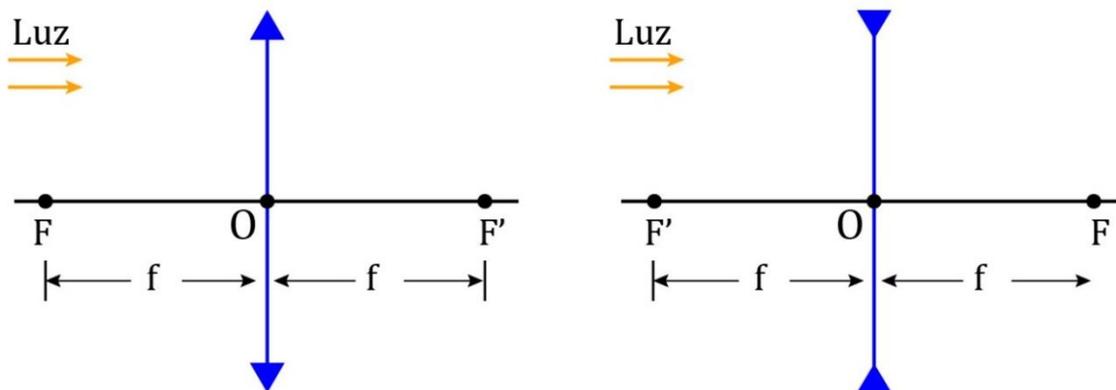


Figura 07.44: As distâncias focais de uma lente convergente e uma divergente.

O foco objeto,  $F$ , é o ponto no qual um objeto deve ser posicionado para que sua imagem se forme no infinito.

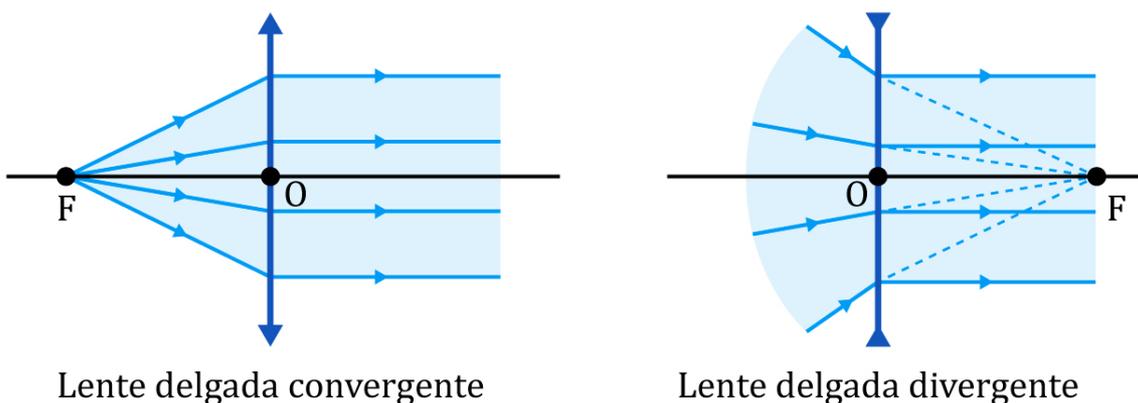


Figura 07.45: O foco principal objeto de uma lente convergente e uma divergente.

O foco imagem,  $F'$ , é aquele no qual se forma a imagem de um objeto que está a uma distância da lente que tende para o infinito.

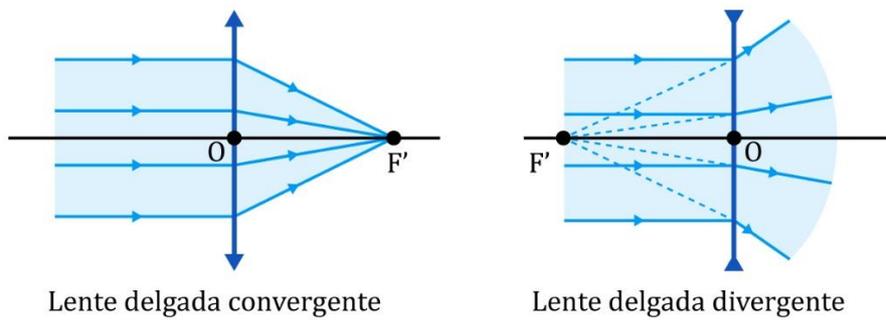


Figura 07.46: O foco principal imagem de uma lente convergente e uma divergente.

### 5.2.4 – O referencial de Gauss para lentes esféricas

Vamos adotar o referencial de Gauss para lentes esféricas, com objetos à esquerda do eixo vertical sendo considerados reais,  $p$  a distância do objeto até a lente e  $p'$  a distância da imagem até a lente.

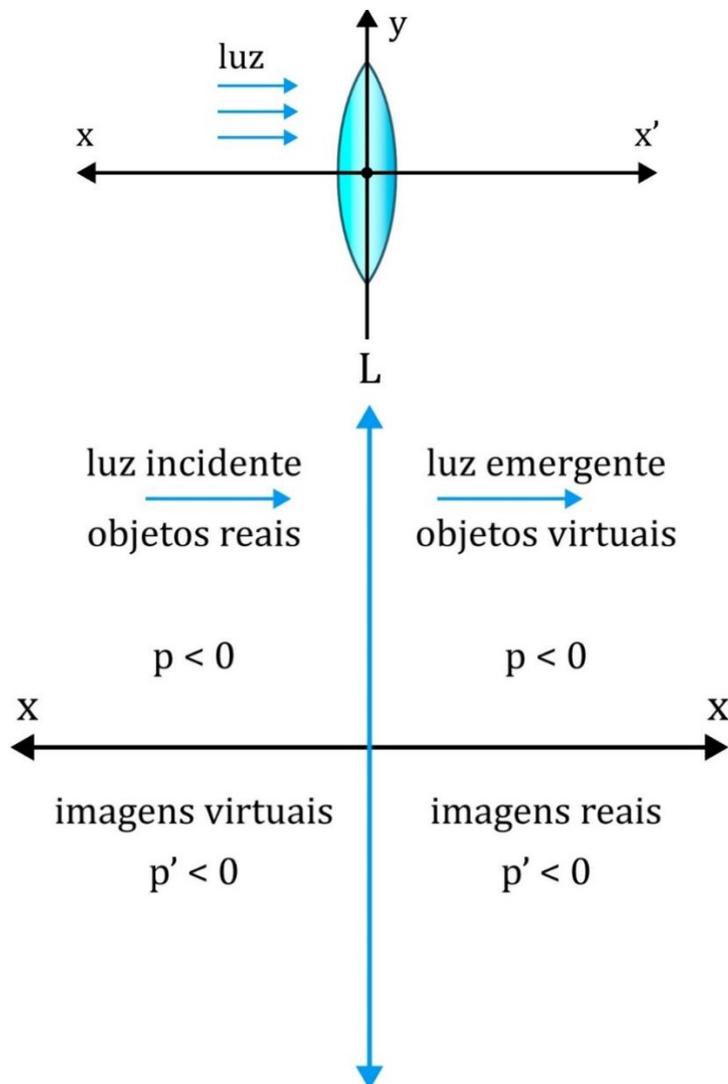


Figura 07.47: O referencial de Gauss.

### 5.3 – Comportamento óptico das lentes esféricas

O comportamento trazido na maioria dos livros pressupõe que as lentes são mais refringentes que o meio externo. É o caso de lentes de vidro, ou acrílico, imersas no ar. Tenha cuidado com questões que envolvem lentes imersas em outros fluidos, como a água.

Se a lente é mais refringente que o meio externo, as de bordas finas são convergentes e as de bordas grossas divergentes.

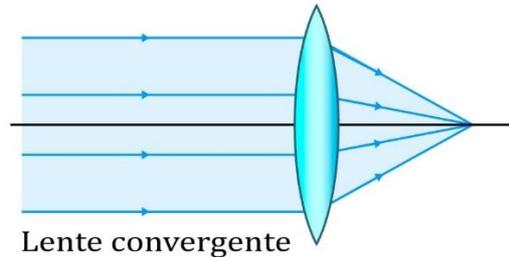


Figura 07.48: O comportamento óptico de uma lente convergente.

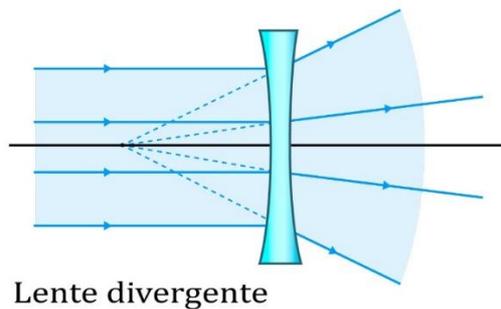
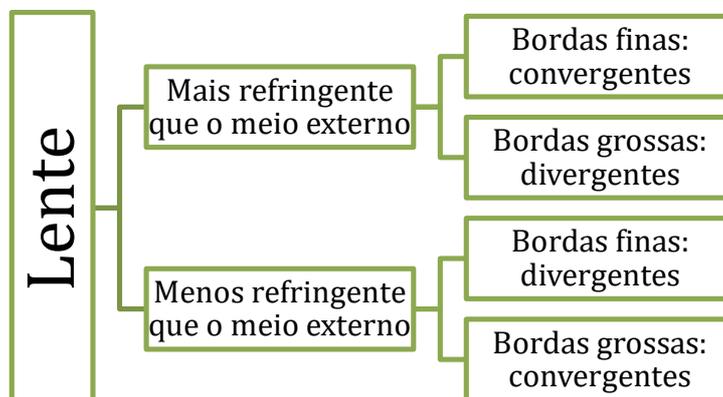


Figura 07.49: O comportamento óptico de uma lente divergente.

Se a lente for menos refringente que o meio externo, temos a situação oposta. Esse caso é raro e menos cobrado em provas. Por esse motivo, trarei somente as ilustrações da situação anterior, a fim de evitar confusão.



## 5.4 – Raios luminosos particulares

De maneira parecida com os espelhos esféricos, existem raios luminosos que seguem algumas regras e podem facilitar a formação das imagens durante a resolução de alguma questão.

**1º: Todo raio luminoso que incide no centro óptico emerge sem sofrer desvio.**

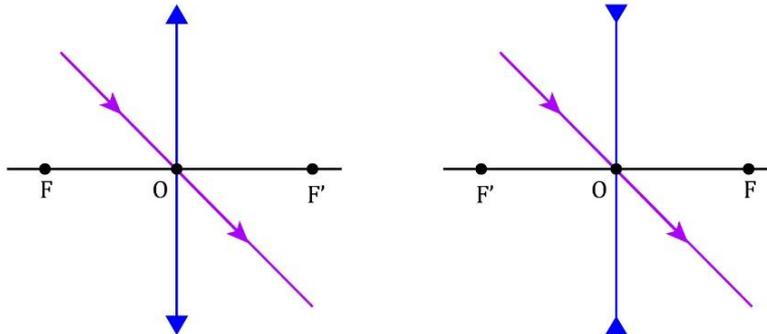


Figura 07.50: Raios que incidem no centro óptico .

**2º: Todo raio luminoso que incide com trajetória passando pelo foco principal objeto se reflete paralelamente ao eixo principal da lente.**

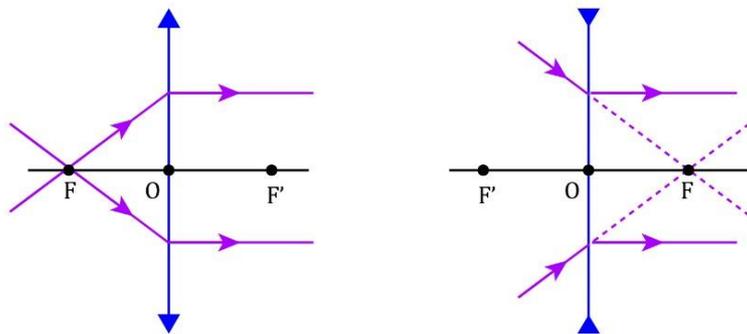


Figura 07.51: Raios que incidem com trajetória passando pelo foco principal.

**3º: Todo raio luminoso que incide com trajetória paralela ao eixo principal da lente se refrata alinhado com o foco principal imagem.**

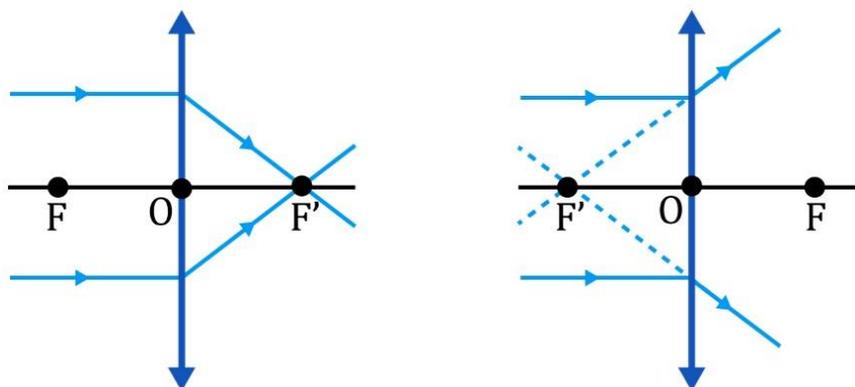


Figura 07.52: Raios que incidem com trajetória paralela ao eixo principal da lente.



4º: Todo raio que incide com trajetória que passa pelo ponto antiprincipal objeto se refrata passando pelo ponto antiprincipal imagem.

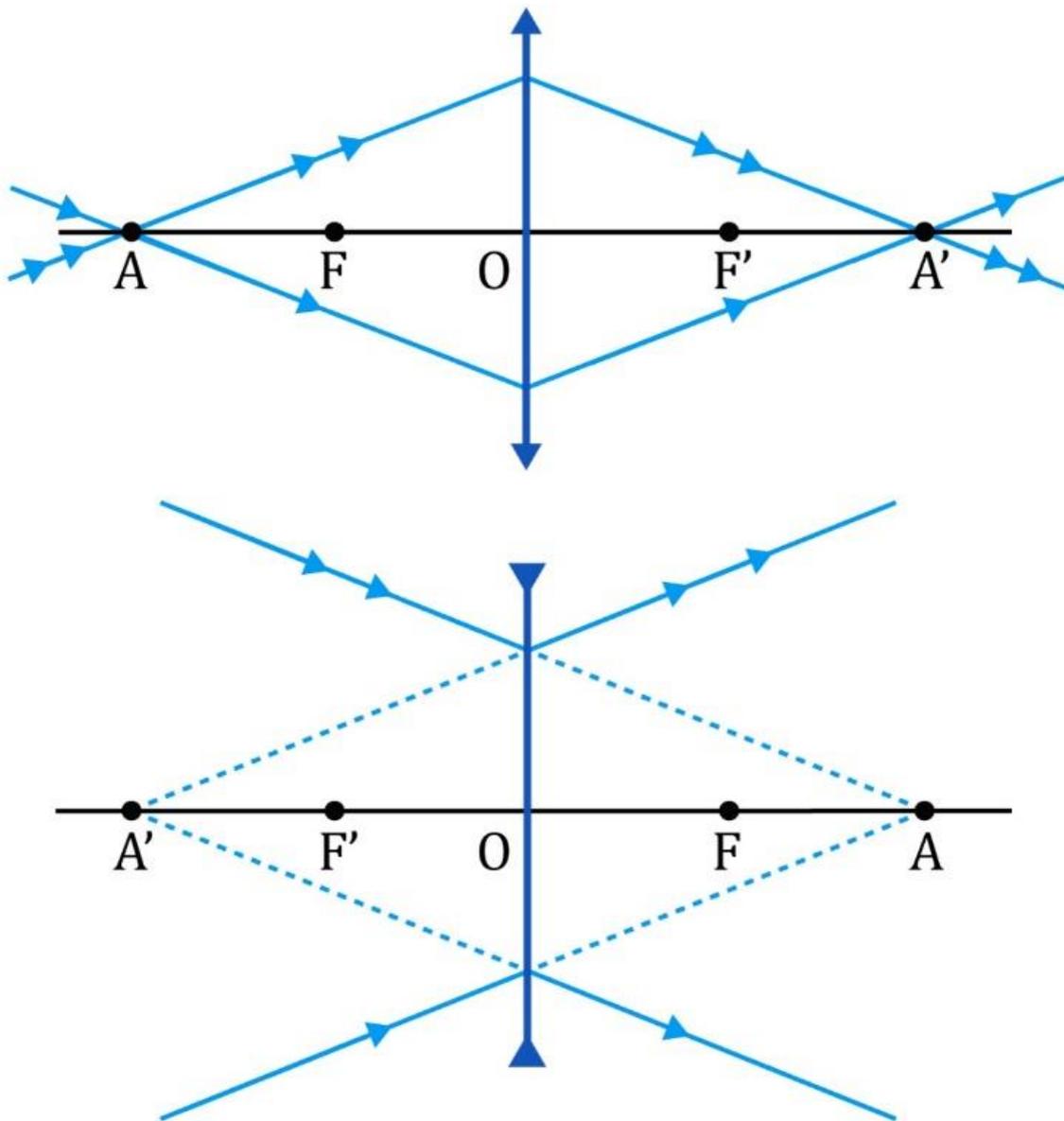


Figura 07.53: Raios que incidem com trajetória que passa pelo ponto antiprincipal.

## 5.5 – Determinação gráfica das imagens em lentes esféricas

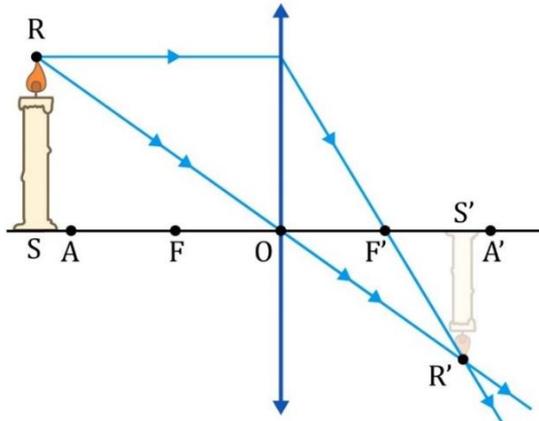
A determinação gráfica das imagens quando se tratando de lentes esféricas é um pouco diferente da formada por espelhos esféricos. Mesmo assim, durante o seu aprendizado, tente associar lentes convergentes a espelhos côncavos e lentes divergentes a espelhos convexos para se lembrar da quantidade de casos possíveis.

### 5.5.1 – Lente Convergente

As possíveis posições do objeto real e da imagem formados por uma lente esférica convergente são:

**Objeto real além do ponto antiprincipal objeto**

$$(2 \cdot f < p < \infty)$$

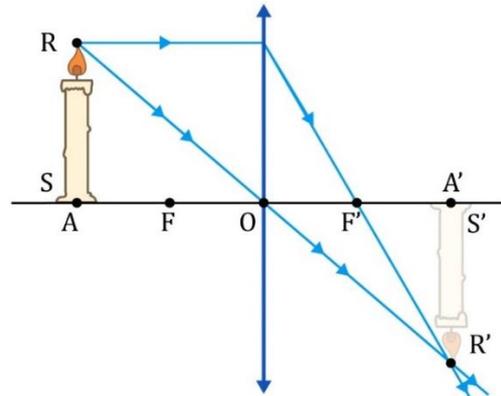


**Características:**

- Imagem real.
- Imagem invertida.
- Imagem é menor que o objeto.

**Objeto está no ponto antiprincipal objeto**

$$p = 2 \cdot f$$

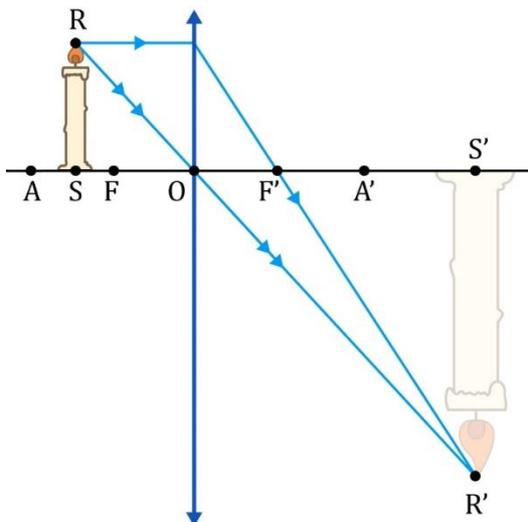


**Características:**

- Imagem real.
- Imagem invertida.
- Imagem está no ponto antiprincipal tem o mesmo tamanho do objeto.

**Objeto entre o ponto antiprincipal objeto e o foco principal objeto**

$$(f < p < 2f)$$

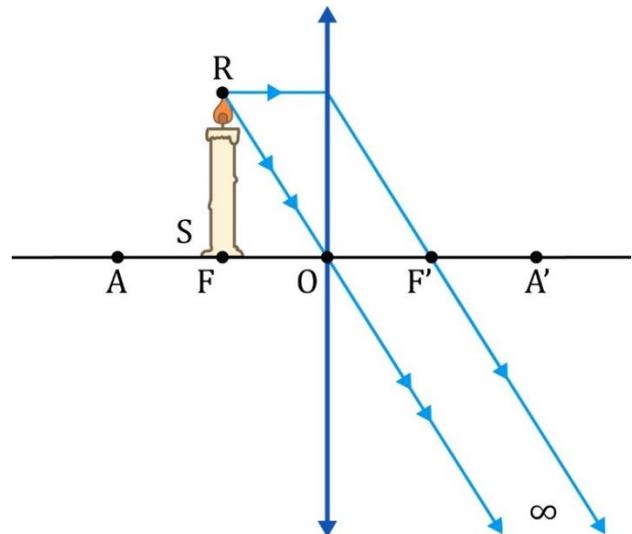


**Características:**

- Imagem real.
- Imagem invertida.
- Imagem maior que o objeto.

**Objeto no foco principal objeto**

$$(p = f)$$



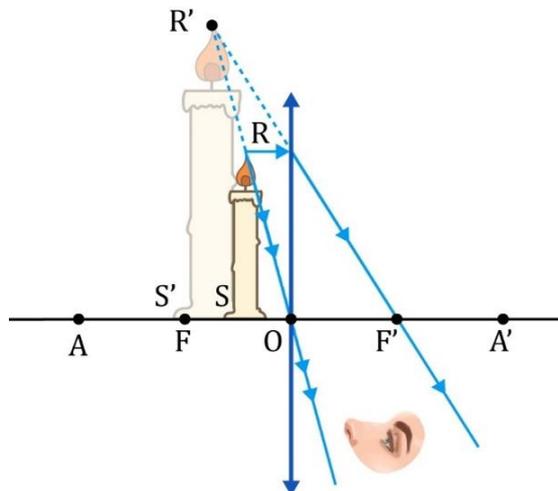
**Características:**

- Imagem imprópria.  
Imagem está localizada no infinito.



### Objeto entre o foco principal objeto e o centro óptico

$$(0 < p < f)$$

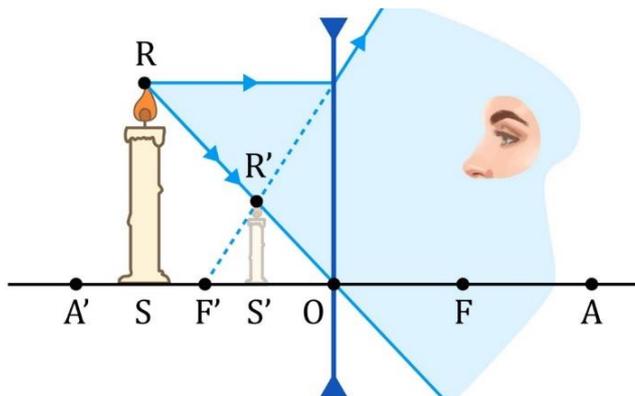


*Características:*

- Imagem virtual.
- Imagem direita.
- Imagem maior que o objeto.

### 5.5.2 – Lente Divergente

#### Objeto real em qualquer posição



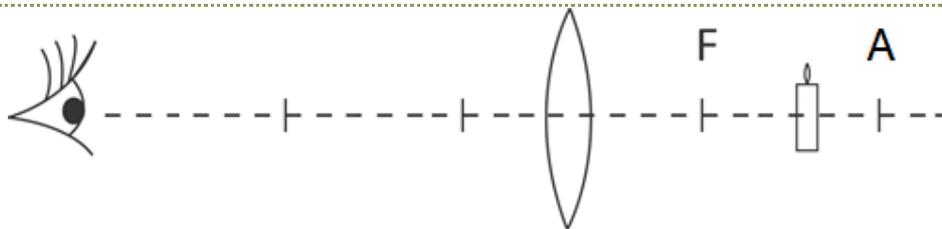
*Características:*

- Imagem virtual.
- Imagem direita.
- Imagem menor que o objeto.

(2019/INÉDITA)

Uma pessoa observa uma vela através de uma lente de vidro biconvexa, como representado na figura.





Considere que a vela está posicionada entre o ponto antiprincipal da lente e o seu foco  $F$ . Nesta condição, a imagem observada pela pessoa é

- a) virtual, invertida e maior.
- b) virtual, invertida e menor.
- c) real, direita e menor.
- d) real, invertida e maior.
- e) virtual, direita e maior.

### Comentários

Uma lente biconvexa é convergente. Para uma lente a formação de imagens é muito parecida com a de um espelho esférico, os raios que partem do objeto em direção ao centro óptico, ponto no qual o eixo principal corta a lente, emergem sem sofrer desvio. Além disso, todo raio luminoso que incide na lente paralelamente ao eixo principal emerge passando pelo foco da lente.

Dessa forma, notamos que a imagem formada por uma lente convergente, quando o objeto se encontra entre o foco da lente e o seu ponto antiprincipal, é real, invertida e maior. Assim como em uma lente de aumento.

**Gabarito: “d”.**

### (2018/EEAR)

Um objeto é colocado perpendicularmente ao eixo principal e a 20 cm de uma lente divergente estigmática de distância focal igual a 5 cm. A imagem obtida é virtual, direita e apresenta 2 cm de altura. Quando essa lente é substituída por outra convergente estigmática de distância focal igual a 4 cm e colocada exatamente na mesma posição da anterior, e mantendo-se o objeto a 20 cm da lente, a imagem agora apresenta uma altura de \_\_\_\_\_ cm.

- a) 2,5
- b) 4,0
- c) 5,0
- d) 10,0

### Comentários

Primeiro, devemos calcular a posição da imagem para a lente divergente através da equação de Gauss:

$$\frac{1}{f_d} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'_d}$$

$$-\frac{1}{5} = \frac{1}{20} + \frac{1}{p'_d}$$

$$p'_d = -4,0 \text{ cm}$$

Agora podemos calcular a altura do objeto fazendo uso da equação do aumento linear transversal:



$$\frac{i_d}{o} = -\frac{p'_d}{p}$$

$$\frac{2}{o} = -\frac{(-4)}{20}$$

$$o = 10 \text{ cm}$$

Em seguida, devemos calcular a posição da imagem para a lente convergente:

$$\frac{1}{f_c} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'_c}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{20} + \frac{1}{p'_c}$$

$$p'_c = 5,0 \text{ cm}$$

Finalmente, podemos calcular a altura da segunda imagem, produzida pela lente convergente:

$$\frac{i_c}{o} = -\frac{p'_c}{p}$$

$$\frac{i_c}{10} = -\frac{5}{20}$$

$$i_c = -2,5 \text{ cm}$$

Dessa forma, a nova imagem terá uma altura de 2,5 cm.

**Gabarito: “a”.**

## 6 - Lista de exercícios

### 1. (CN – 2018)

Sobre calor, luz, som analise as afirmativas abaixo e assinale a opção que apresenta o conceito correto.

- Temperatura é a energia contida em um corpo.
- Ao ferver água destilada em uma panela com tampa aberta e ao nível do mar, após a água atingir e permanecer em ebulição sua temperatura se mantém constante.
- Um raio de luz se propaga em linha reta em meios homogêneos e opacos.
- Um raio de luz ao atravessar de um meio material para outro tem necessariamente a sua direção de propagação e velocidade alterada.



e) O som e a luz se propagam no vácuo.

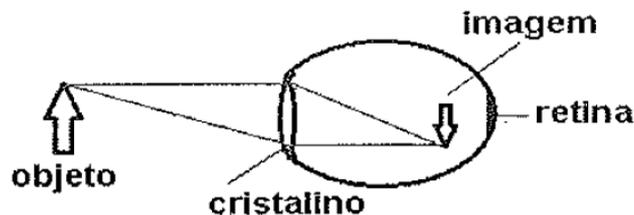
## 2. (CN – 2017)

Com relação aos conceitos da física, assinale a opção correta.

- a) Em qualquer meio transparente, a propagação da luz ocorre sempre em linha reta.
- b) A patinação sobre o gelo acontece porque o aumento da pressão, exercida pelos patins, altera a temperatura de fusão do gelo.
- c) As garrafas e outros objetos jogados no mar chegam até as praias transportados pelas ondas.
- d) No processo de eletrização por contato, o corpo que recebe elétrons fica negativo e o que perde elétrons fica positivo.
- e) As bússolas magnéticas são muito importantes na navegação porque apontam precisamente para o norte geográfico.

## 3. (CN – 2016)

A visão é um dos principais sentidos usados pelos seres humanos para receber o mundo e a figura abaixo representa de forma muito simplificada o olho humano, que é o veículo encarregado de levar essas percepções até o cérebro.



Sendo assim, com base na figura acima, é correto afirmar que o olho é

- a) míope e a correção é feita com lente convergente.
- b) míope e a correção é feita com lente divergente.
- c) hipermetrope e a correção é feita com lente convergente.
- d) hipermetrope e a correção é feita com lente divergente.
- e) normal e, nesse caso, não precisa de correção.

## 4. (CN – 2015)

Com relação aos conceitos físicos, assinale a opção INCORRETA.

- a) Quando um chuveiro elétrico, considerado ôhmico, tem a sua resistência diminuída, ocorre um aumento da temperatura da água (efeito Joule).
- b) Dois corpos de mesmo material recebem a mesma quantidade de calor de uma fonte térmica. Nesse caso, o corpo de menor massa sofrerá um maior aumento de temperatura.

- c) A roldana fixa pode ser considerada como um tipo de máquina simples que facilita a execução de uma tarefa. Entretanto, não oferece vantagem mecânica durante o seu uso.
- d) As lentes prescritas para uma pessoa com miopia são divergentes e, nesse caso, quando usadas para observar um objeto, produzem uma imagem virtual e maior que o objeto.
- e) O campo magnético da Terra, além de permitir o uso da bússola para a navegação, tem a função de proteger o planeta contra algumas radiações eletromagnéticas vindas do espaço.

## 5. (CN – 2015)

Leia o texto a seguir.

“É impossível para o espelho da alma refletir na imaginação alguma coisa que não esteja diante dele. É impossível que o lago tranquilo mostre em sua profundidade a imagem de qualquer montanha ou o retrato de qualquer árvore ou nuvem que não exista perto do lago. É impossível que a luz projete na terra a sombra de um objeto que não exista. Nada pode ser visto, ouvido ou de outro modo sentido, sem ter essência real ...”

(Trecho de “Desabafo de Segunda-feira” – Raul Seixas)

Com base no texto acima, analise as afirmativas abaixo.

I – A imagem de um objeto mostrada pelo lago tranquilo é virtual, direita e do mesmo tamanho do objeto.

II – A sombra de um objeto projetada pela luz, na terra, acontece devido ao princípio da propagação retilínea da luz.

III – Nada pode ser visto, sem ter essência real. Neste caso, a visão ocorre por causa da refração da luz ao passar pelos objetos reais.

IV – Ao afirmar que nada pode ser ouvido sem ter essência real, o autor se refere ao som, que é uma onda mecânica capaz de se propagar em todos os meios materiais.

V – Quanto ao espelho, pode-se dizer que, qualquer um deles (plano ou esférico), sempre produzirá imagens de coisas que estão diante dele.

Assinale a opção correta.

- a) Apenas as afirmativas I, II e III são verdadeiras. b) Apenas as afirmativas II, IV e V são verdadeiras.
- c) Apenas as afirmativas I, III e V são verdadeiras. d) Apenas as afirmativas II, III e V são verdadeiras.
- e) Apenas as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.

## 6. (CN – 2014)

No dia 15 de abril, desse ano, ocorreu o eclipse lunar total. Nesse fenômeno, a sombra da Terra é projetada sobre a Lua, encobrindo-a por completo. Entretanto, uma parte da luz solar, que atravessou a atmosfera terrestre, refletiu-se na Lua com uma cor avermelhada, produzindo o que se chamou de “Lua de Sangue”.



Considerando tal fato e tal fenômeno, analise as afirmativas abaixo e, em seguida, assinale a opção correta.

- I. Na Lua, onde não há atmosfera, o calor pode se propagar, somente, por condução e irradiação.
  - II. Uma onda sonora, por não haver resistência do ar, propaga-se mais rapidamente na Lua, do que na Terra.
  - III. A cor avermelhada, refletida na Lua, ocorreu devido à refração da luz solar, ao atravessar a atmosfera da Terra.
  - IV. A luz solar, sendo uma onda eletromagnética, propaga-se na Lua e na atmosfera terrestre com a mesma velocidade.
  - V. Como a gravidade na Lua é cerca de  $1/6$  da gravidade na Terra, uma pessoa de 60kg de massa terá, na Lua, um peso de 100 N, considerando  $g_{Terra} = 10 \text{ m/s}^2$ .
- a) Apenas as afirmativas II, IV e V são verdadeiras.
  - b) Apenas as afirmativas I, III e V são verdadeiras.
  - c) Apenas as afirmativas I, IV e V são verdadeiras.
  - d) Apenas as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
  - e) Apenas as afirmativas I, II e III são verdadeiras

## 7. (CN – 2013)

No manual de instalação de um projetor digital estão escritas várias especificações. Algumas dessas estão escritas abaixo:

- Lente  $F = 2,58 - 2,80$
- Lâmpada de 190 W
- Fonte de alimentação AC 100 V – 240 V
- Peso = 2,3 kg
- Temperatura de funcionamento 0 °C – 40 °C ao nível do mar

Analise as afirmativas a seguir sobre essas especificações.

- I – a lente usada no projetor é convergente pois a imagem projetado por ele é real e aumentada.
- II – quando ligado sob tensão de 110 V, a lâmpada é percorrida por uma corrente de, aproximadamente, 1,7 A.
- III – a variação de temperatura prevista para o funcionamento, na escala Kelvin, é igual a 40 K.
- IV – a lente usada no projetor é divergente pois provoca a abertura dos raios e, com isso, aumenta a imagem projetada.
- V – a unidade da grandeza peso usada nas especificações está de acordo com as unidades usadas no Sistema Internacional.



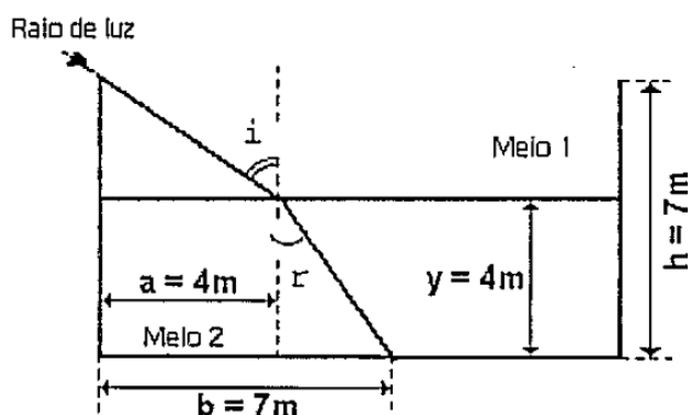
VI – a resistência elétrica da lâmpada quando ligada na tensão de 220 V vale, aproximadamente, 255  $\Omega$ .

Assinale a opção correta.

- a) Apenas as afirmativas I, IV e V são verdadeiras.
- b) Apenas as afirmativas II, III e V são verdadeiras.
- c) Apenas as afirmativas III, IV, V e VI são verdadeiras.
- d) Apenas as afirmativas I, II, IV e VI são verdadeiras.
- e) Apenas as afirmativas I, II, III e VI são verdadeiras.

### 8. (CN – 2007)

Observe a figura a seguir.



A refração é um fenômeno no qual a luz, ao passar de um meio para outro, sofre mudança na sua velocidade de propagação. Esse fato é provocado devido à refração de cada meio, sendo a principal relação entre os meios dada por:  $n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$ , na qual “ $i$ ” e “ $r$ ” são os ângulos de incidência e refração, respectivamente, e “ $n$ ”, o índice de refração de cada meio.

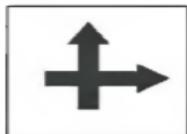
O esquema acima mostra um tanque de paredes transparentes sobre o qual incide um raio de luz monocromático proveniente do meio 1, cujo índice de refração é igual a 1. Assim, pode-se afirmar que os senos dos ângulos de incidência e refração bem como o índice de refração do meio 2 valem, respectivamente,

- a) 0,6; 0,8 e 4/3
- b) 0,6; 0,8 e 3/4
- c) 0,8; 0,6 e 5/4
- d) 0,8; 0,6 e 4/3
- e) 0,8; 0,6 e 3/4

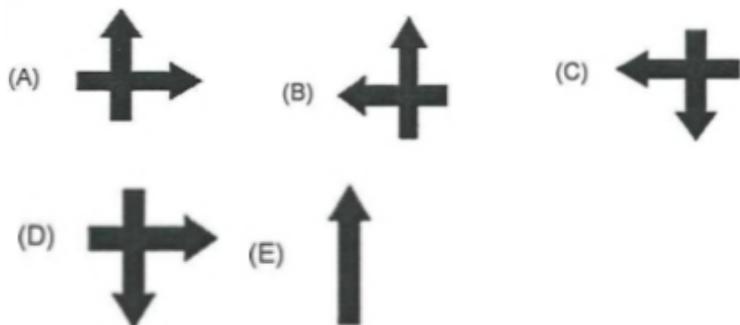
### 9. (2018/EAM)

Observe a figura a seguir



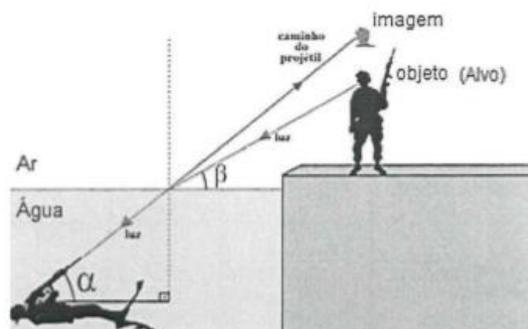


O cartão acima é visto por um observador através de uma lupa (lente esférica biconvexa) de vidro que se encontra no ar. O cartão é colocado a aproximadamente 20 cm da lupa cuja distância focal é da ordem de 10 cm. Sendo assim, marque a opção que apresenta a figura que o observador vê através da lente.



### 10. (2018/EAM)

O Grupamento de Mergulhadores de Combate (GruMeC), subordinado ao Comando da Força de Submarinos da Marinha do Brasil (MB), é uma das mais importantes e respeitadas tropas de operações especiais do mundo, especializada em infiltração, reconhecimento, sabotagem, resgate e destruição de alvos estratégicos. Um MeC, assim como é chamado um membro do GruMeC, equipado com um fuzil de alta precisão e com um equipamento de mergulho de circuito fechado (que não solta bolhas de ar) recebe a missão de se infiltrar e eliminar o inimigo que guarnece um posto de controle.



O MeC mira o seu fuzil a fim de acertar a cabeça do inimigo conforme mostrado na figura. Considere para tal desprezível o efeito da gravidade, que o fuzil tenha funcionado adequadamente mesmo debaixo d'água, que o tiro disparado poderia ter alcançado o inimigo que se encontrava bastante próximo e que o projétil, ao passar da água para o ar, não sofreu desvio algum em termos de direção. Qual das opções abaixo está relacionada com o fenômeno óptico mostrado na figura que ilustra esse enunciado e que deveria ter sido levado em conta pelo MeC a fim de acertar o alvo?

- (A) Refração da Luz.
- (B) Absorção da Luz.



- (C) Reflexão da Luz
- (D) Reflexão Total da Luz.
- (E) Dispersão da Luz.

### 11. (2018/EAM)

Um motorista de táxi conversa com um passageiro que está sentado no banco de trás, observando a imagem de seus olhos fornecida pelo espelho plano retrovisor interno. Se o motorista consegue ver no espelho a imagem dos olhos do passageiro, este também consegue ver, no mesmo espelho, a imagem dos olhos do motorista. Esse fato pode ser explicado utilizando-se:

- (A) o Princípio da Propagação Retilínea dos Raios de Luz.
- (B) o Princípio da Independência dos Raios de Luz.
- (C) o Princípio da Reversibilidade dos Raios de Luz.
- (D) a Interferência dos Raios de Luz.
- (E) a Difração dos Raios de Luz

### 12. (2017/EAM)

A refração da luz possibilita o entendimento de muitos fenômenos comuns no nosso dia a dia, como a aparente profundidade menor de uma piscina, as miragens nas rodovias em dias quentes e o arco-íris. Sendo assim, analise as afirmativas referentes à óptica geométrica assinalando, a seguir, a opção correta.

I - Refração da luz é o desvio da luz ao atravessar a fronteira entre dois meios transparentes.

II - Refração da luz é a passagem da luz de um meio transparente para outro, ocorrendo sempre uma alteração de sua velocidade de propagação.

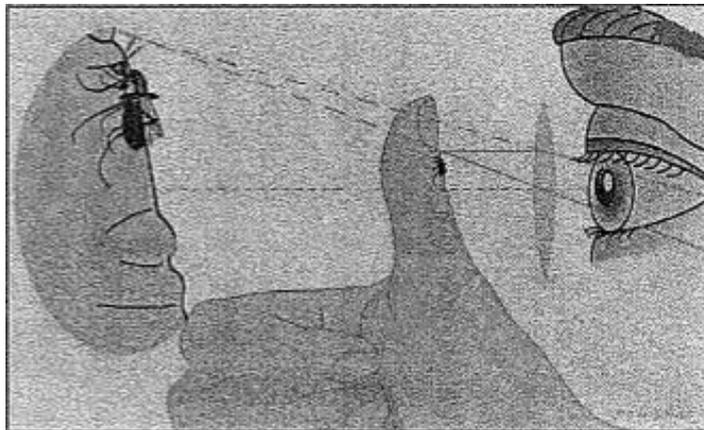
III – Na refração da luz, o raio refratado pode não apresentar desvio em relação ao raio incidente.

- a) Apenas a afirmativa III está correta.
- b) Apenas as afirmativas I e III estão corretas.
- c) Apenas as afirmativas II e III estão corretas.
- d) Apenas as afirmativas I e II estão corretas.
- e) Apenas a afirmativa II está correta.

### 13. (2016/EAM)

Observe a figura abaixo:





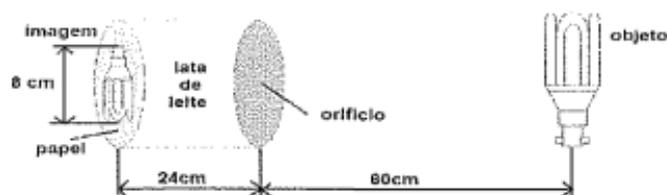
Assinale a opção que completa corretamente as lacunas da sentença abaixo. Um aluno observa um mosquito através de uma lente convergente, obtendo uma imagem ampliada do inseto, conforme a figura acima.

Para conseguir esse resultado, a lente em questão deve ser \_\_\_\_\_ e o mosquito deve se localizar \_\_\_\_\_.

- a) Bicôncava/entre o foco e o centro óptico da lente.
- b) Biconvexa / entre o foco e o centro óptico da lente.
- c) Bicôncava / entre o ponto antiprincipal e o foco da lente.
- d) Biconvexa / no foco da lente.
- e) Bicôncava / no ponto antiprincipal da lente.

#### 14. (2016/EAM)

Observe a figura abaixo:



Um estudante, ao realizar um experimento, construiu, com uma lata de leite, uma câmara escura de orifício. Para isso, ele fez um furo no centro do fundo da lata e, em seguida, retirou a tampa do outro lado, colando um disco de papel vegetal nessa tampa. Ao colocar uma lâmpada acesa distante 60 cm de sua câmara escura de orifício, o estudante viu a projeção da imagem da lâmpada sobre o papel vegetal, conforme mostra a figura acima. Observando as medidas obtidas no experimento, é correto afirmar que o tamanho da lâmpada utilizada é de:

- a) 10cm
- b) 12cm
- c) 16cm
- d) 18cm
- e) 20cm

#### 15. (2015/EAM)

Assinale a opção que apresenta somente características das imagens formadas por espelhos planos para os objetos reais.

- a) Simétrica, invertida e virtual.
- b) Revertida, simétrica e real.
- c) Reduzida, simétrica e invertida.
- d) Direita, de igual tamanho e virtual.
- e) Real, direita e ampliada.

### 16. (2018/EEAR)

Para a correção dos diferentes tipos de defeitos de visão, faz-se necessário o emprego de diferentes tipos de lentes externas, ou seja, o uso de óculos. Após consultar um médico oftalmologista, dois pacientes foram diagnosticados, sendo que o primeiro apresentou hipermetropia e no segundo foi constatada miopia. Deste modo, o médico determinou para cada situação a confecção de lentes:

- 1 - Divergente para o primeiro paciente, pois a hipermetropia se deve ao alongamento do globo ocular;
- 2 - Convergente para o segundo paciente, pois a miopia se deve ao alongamento do globo ocular;
- 3 - Convergente para o primeiro paciente, pois a hipermetropia se deve ao encurtamento do globo ocular;
- 4 - Divergente para o segundo paciente, pois a miopia se deve ao encurtamento do globo ocular.

A(s) afirmativa(s) correta(s) é (são):

- a) 2 e 3
- b) 3 e 4
- c) Apenas 3
- d) Apenas 2

### 17. (2017/EEAR)

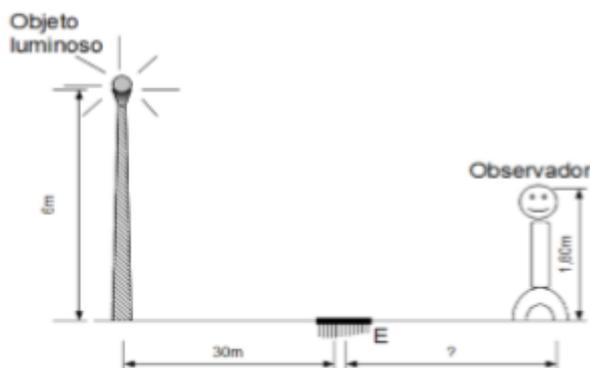
A 50cm de um espelho convexo, coloca-se uma vela de 15cm de altura. Com relação às características da imagem formada é correto afirmar que ela é:

- a) real, direita e ampliada em relação ao objeto.
- b) virtual, direita e reduzida em relação ao objeto.
- c) real, invertida e reduzida em relação ao objeto.
- d) virtual, invertida e de tamanho igual a do objeto.

### 18. (2017/EEAR)



Um objeto luminoso é colocado no alto de um poste de 6 m de altura que está a 30 m de um pequeno espelho (E) de dimensões desprezíveis, como mostra a figura abaixo. Qual deve ser a distância, em metros, de um observador cujos olhos estão a 1,80 m do solo, para que possa ver o objeto luminoso através do espelho?



- a) 3                      b) 6                      c) 9                      d) 12

### 19. (2018/AFA)

#### COMO A HIPERMETROPIA ACONTECE NA INFÂNCIA:

“É muito comum bebês e crianças apresentarem algum tipo de erro refrativo, e a hipermetropia é o caso mais constante. Isso porque este tipo de ametropia (erro de refração) pode se manifestar desde a fase de recém-nascido. A hipermetropia é um erro de refração caracterizado pelo modo em que o olho, menor do que o normal, foca a imagem atrás da retina. Conseqüentemente, isso faz com que a visão de longe seja melhor do que a de perto. (...)

De acordo com a Dra. Liana, existem alguns fatores que podem influenciar a incidência de hipermetropia em crianças, como o ambiente, a etnia e, principalmente, a genética. “As formas leves e moderadas, com até seis dioptrias, são passadas de geração para geração (autossômica dominante). Já a hipermetropia elevada é herdada dos pais (autossômica recessiva)”, explicou a especialista.

A médica ainda relatou a importância em identificar, prematuramente, o comportamento hipermetrope da criança, caso contrário, esse problema pode afetar a rotina visual e funcional delas. “A falta de correção da hipermetropia pode dificultar o processo de aprendizado, e ainda pode reduzir, ou limitar, o desenvolvimento nas atividades da criança. Em alguns casos, pode ser responsável por repetência, evasão escolar e dificuldade na socialização, requerendo ações de identificação e tratamento”, concluiu a Dra. Liana.

Os sintomas relacionados à hipermetropia, além da dificuldade de enxergar de perto, variam entre: dores de cabeça, fadiga ocular e dificuldade de concentração em leitura.(...)

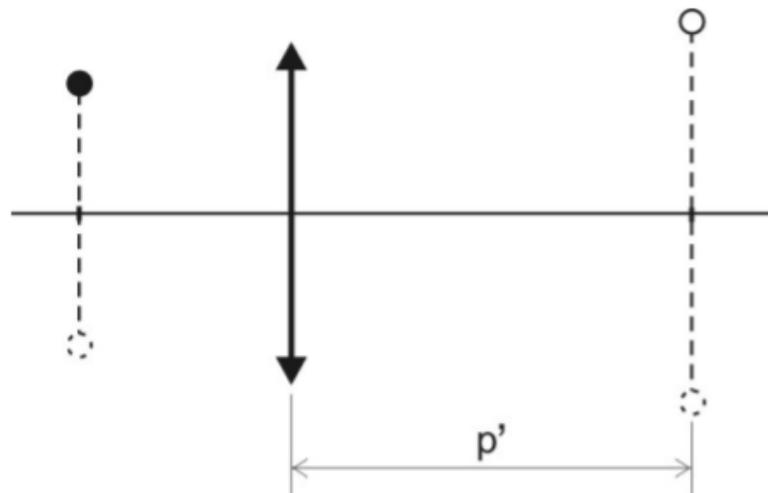
O tratamento utilizado para corrigir este tipo de anomalia é realizado através da cirurgia refrativa. O uso de óculos (com lentes esféricas) ou lentes de contato corretivas é considerado método convencional, que pode solucionar o problema visual do hipermetrope.”

(Disponível em: [www.cbo.net.br/novo/publicacao/revista\\_vejabem](http://www.cbo.net.br/novo/publicacao/revista_vejabem). Acesso em: 18 fev. 2017.)

De acordo com o texto acima, a hipermetropia pode ser corrigida com o uso de lentes esféricas. Dessa maneira, uma lente corretiva, delgada e gaussiana, de vergência igual a +2 di, conforme



figura a seguir, é utilizada para projetar, num anteparo colocado a uma distância  $p'$  da lente, a imagem de um corpo luminoso que oscila em movimento harmônico simples (MHS). A equação que descreve o movimento oscilatório desse corpo é  $y = (0,1) \cdot \text{sen} [4t + \frac{\pi}{2}]$ .



Considere que a equação que descreve a oscilação projetada no anteparo é dada por  $y' = (0,5) \cdot \text{sen} [4t + \frac{3\pi}{2}]$  (SI). Nessas condições, a distância  $p'$ , em cm, é

- a) 100                      b) 200                      c) 300                      d) 400

### 20. (2017/AFA)

Considere uma lente esférica delgada,  $S$ , de bordas finas, feita de material de índice de refração  $n$  maior do que o índice de refração do ar. Com esta lente podem-se realizar dois experimentos. No primeiro, a lente é imersa em um meio ideal, de índice de refração  $n_1$ , e o seu comportamento óptico, quando um feixe de luz paralela passa por ela, é o mesmo de uma lente côncavo-convexa de índice de refração  $n$  imersa no ar. No segundo, a lente  $S$  é imersa em um outro meio ideal, de índice de refração  $n_2$ , e o seu comportamento óptico é o mesmo de uma lente convexo-côncava de índice de refração  $n$  imersa no ar.

Nessas condições, são feitas as seguintes afirmativas:

I -  $n_2 > n > n_1$

II - a lente  $S$ , quando imersa no ar, pode ser uma lente plano-côncava.

III - a razão entre as vergências da lente  $S$  nos dois experimentos não pode ser 1.

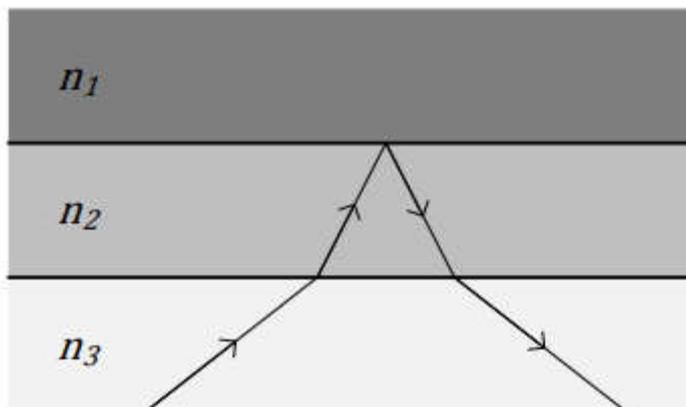
IV - as distâncias focais da lente  $S$ , nos dois experimentos, são sempre as mesmas.

São corretas, apenas:

- a) I e II                      b) II e III                      c) I e III                      d) II e IV

### 21. (2019/IME/1ª FASE)





A figura acima mostra três meios transparentes, de índices de refração 1, 2 e 3, e o percurso de um raio luminoso. Observando a figura, é possível concluir que:

- a)  $n_2 < n_3 < n_1$
- b)  $n_1 < n_2 < n_3$
- c)  $n_3 < n_1 < n_2$
- d)  $n_1 < n_3 < n_2$
- e)  $n_2 < n_1 < n_3$

**22. (2019/EEAR)**

Considerando as velocidades de propagação da luz em dois meios homogêneos e distintos, respectivamente iguais a  $200.000 \text{ km/s}$  e  $120.000 \text{ km/s}$ , determine o índice de refração relativo do primeiro meio em relação ao segundo. considere que a velocidade da luz no vácuo é igual a  $300.000 \text{ km/s}$ .

- a) 0,6
- b) 1,0
- c) 1,6
- d) 1,7

**23. (2019/ITA/1ª FASE)**

Em férias no litoral, um estudante faz para um colega as seguintes observações:

- I. A luz solar consiste em uma onda eletromagnética transversal, não polarizada e policromática.
- II. A partir de um certo horário, toda a luz solar que incide sobre o mar sofre reflexão total.
- III. A brisa marítima é decorrente da diferença entre o calor específico da areia e o da água do mar.

A respeito dessas observações, é correto afirmar que

- a) todas são verdadeiras
- b) apenas a I é falsa
- c) apenas a II é falsa
- d) apenas III é falsa
- e) há mais de uma observação falsa

**24. (2019/EEAR)**

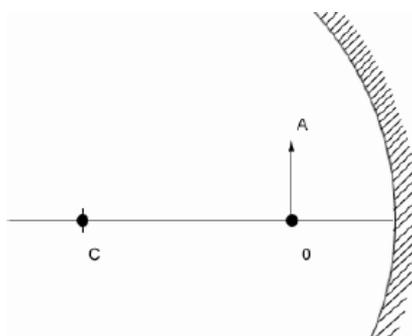


Uma árvore de natal de  $50\text{ cm}$  de altura foi colocada sobre o eixo principal de um espelho côncavo, a uma distância de  $25\text{ cm}$  de seu vértice. Sabendo-se que o espelho possui um raio de curvatura de  $25\text{ cm}$ , com relação a imagem formada, pode-se afirmar corretamente que:

- a) É direita e maior do que o objeto, estando a  $20\text{ cm}$  do vértice do espelho.
- b) é direita e maior do que o objeto, estando a  $25\text{ cm}$  do vértice do espelho.
- c) É invertida e maior do que o objeto, estando a  $25\text{ cm}$  do vértice do espelho.
- d) É invertida e do mesmo tamanho do objeto, estando a  $25\text{ cm}$  do vértice do espelho.

### 25. (1980/ITA)

Determinar graficamente a imagem de um objeto AO colocado diante de um espelho côncavo, esférico, de raio  $R$ . A distância do centro de curvatura C ao objeto é igual a  $2R/3$ . A imagem é:



- a) virtual, direta e menor que o objeto.
- b) real, invertida e maior que o objeto.
- c) real, invertida e menor que o objeto.
- d) real, direta e maior que o objeto.
- e) virtual, direta e maior que o objeto.

### 26. (1991/ITA)

Seja E um espelho côncavo cujo raio de curvatura é  $60,0\text{ cm}$ . Qual tipo de imagem obteremos se colocarmos um objeto real de  $7,50\text{ cm}$  de altura, verticalmente, a  $20,0\text{ cm}$  do vértice de E?

- a) virtual e reduzida a  $1/3$  do tamanho do objeto.
- b) real e colocada a  $60,0\text{ cm}$  da frente do espelho.
- c) virtual e três vezes mais alta que o objeto.
- d) real, invertida e de tamanho igual ao do objeto.
- e) nenhuma das anteriores.

### 27. (1992/ITA)

Um jovem estudante para fazer a barba mais eficientemente, resolve comprar um espelho esférico que aumenta duas vezes a imagem do seu rosto quando ele se coloca a  $50\text{ cm}$  dele. Que tipo de espelho ele deve usar e qual o raio de curvatura?

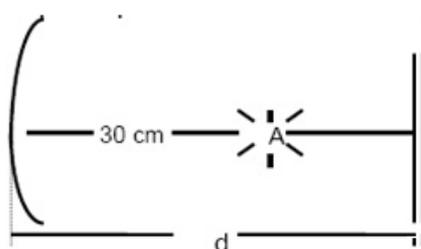
- a) Convexo com  $r = 50\text{ cm}$ .



- b) Côncavo com  $r = 200$  cm.
- c) Côncavo com  $r = 33,3$  cm.
- d) Convexo com  $r = 67$  cm.
- e) Um espelho diferente dos mencionados.

### 28. (1997/ITA)

Um espelho plano está colocado em frente de um espelho côncavo, perpendicularmente ao eixo principal. Uma fonte luminosa A, centrada no eixo principal entre os dois espelhos, emite raios que se refletem sucessivamente sobre os dois espelhos e formam sobre a própria fonte A, uma imagem real da mesma. O raio de curvatura do espelho é 40 cm e a distância do centro da fonte A até o centro do espelho esférico é de 30 cm. A distância  $d$  do espelho plano até o centro do espelho côncavo é, então:



- a) 20 cm
- b) 30 cm
- c) 40 cm
- d) 45 cm
- e) 50 cm

### 29. (ITA - 2001)

Um objeto linear de altura  $h$  está assentado perpendicularmente no eixo principal de um espelho esférico, a 15 cm de seu vértice. A imagem produzida é direita e tem altura de  $h/5$ . Este espelho é:

- a) côncavo, de raio 15 cm
- b) côncavo, de raio 7,5 cm
- c) convexo, de raio 7,5 cm
- d) convexo, de raio 15 cm
- e) convexo, de raio 10 cm

### 30. (ITA - 2009)

Um espelho esférico convexo reflete uma imagem equivalente a  $3/4$  da altura de um objeto dele situado a uma distância  $p_1$ . Então, para que essa imagem seja refletida com apenas  $1/4$  da sua altura, o objeto deverá se situar a uma distância  $p_2$  do espelho, dada por:

- a)  $p_2 = 9p_1$ .
- b)  $p_2 = 9p_2/4$ .
- c)  $p_2 = 9p_2/7$ .
- d)  $p_2 = 15p_2/7$ .
- e)  $p_2 = -15p_2/7$ .

### 31. (ITA – 2019)



A imagem de um objeto formada por um espelho côncavo mede metade do tamanho do objeto. Se este é deslocado de uma distância de 15 cm em direção ao espelho, o tamanho da imagem terá o dobro do tamanho do objeto. Estime a distância focal do espelho e assinale a alternativa correspondente.

- a) 40 cm      b) 30 cm      c) 20 cm      d) 10 cm      e) 5 cm

## 7 - Gabarito sem comentários

- |       |       |
|-------|-------|
| 1. B  | 12. C |
| 2. B  | 13. E |
| 3. B  | 14. E |
| 4. D  | 15. D |
| 5. E  | 16. C |
| 6. B  | 17. B |
| 7. E  | 18. C |
| 8. D  | 19. C |
| 9. C  | 20. D |
| 10. A | 21. C |
| 11. C |       |

ESCLARECENDO!



## 8 - Lista de exercícios comentada

### 1. (CN – 2018)

Sobre calor, luz, som analise as afirmativas abaixo e assinale a opção que apresenta o conceito correto.

- a) Temperatura é a energia contida em um corpo.
- b) Ao ferver água destilada em uma panela com tampa aberta e ao nível do mar, após a água atingir e permanecer em ebulição sua temperatura se mantém constante.
- c) Um raio de luz se propaga em linha reta em meios homogêneos e opacos.
- d) Um raio de luz ao atravessar de um meio material para outro tem necessariamente a sua direção de propagação e velocidade alterada.
- e) O som e a luz se propagam no vácuo.

**Comentários:**



- a) INCORRETA. Temperatura é uma medida da energia cinética média das moléculas.
- b) CORRETA. Dado que a pressão se mantém constante, a temperatura de ebulição e uma substância pura se mantém constante.
- c) INCORRETA. Tal fato não é válido para a luz percorrendo próximo de corpos muito massivos, como o Sol, pois ela apresenta curvatura no espaço, conforme a teoria da relatividade geral proposta por Einstein.
- d) INCORRETA. A refração é a mudança da velocidade da luz quando ela passa de um meio para outro. Se o ângulo de incidência for igual a zero quando tomado em relação a normal, isto é, o raio incidir perpendicularmente a interface, então não há desvio na trajetória, mas há mudança de velocidade, caracterizando a refração.
- e) INCORRETA. O som é uma onda mecânica e precisa de um meio para se propagar. Por outro lado, a luz é uma onda eletromagnética e não precisa de um meio material para se propagar. Por isso, somente a luz se propaga no vácuo, o som não se propaga no vácuo.

**Gabarito: B**

---

**2. (CN – 2017)**

Com relação aos conceitos da física, assinale a opção correta.

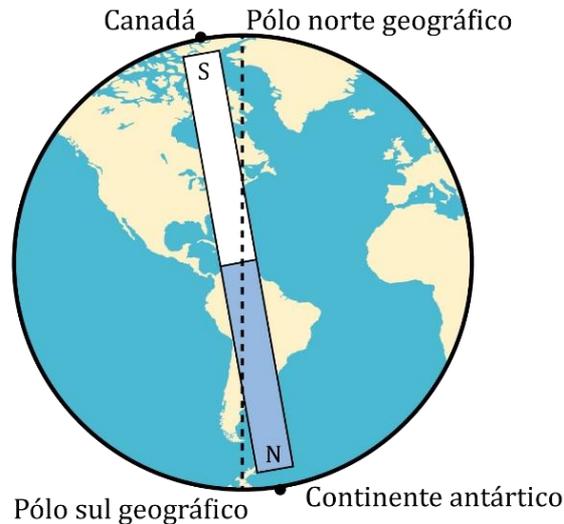
- a) Em qualquer meio transparente, a propagação da luz ocorre sempre em linha reta.
- b) A patinação sobre o gelo acontece porque o aumento da pressão, exercida pelos patins, altera a temperatura de fusão do gelo.
- c) As garrafas e outros objetos jogados no mar chegam até as praias transportados pelas ondas.
- d) No processo de eletrização por contato, o corpo que recebe elétrons fica negativo e o que perde elétrons fica positivo.
- e) As bússolas magnéticas são muito importantes na navegação porque apontam precisamente para o norte geográfico.

**Comentários:**

- a) INCORRETA. A banca estava preocupada se o aluno sabe do fenômeno da refração. Além disso, a relatividade de Einstein provou que a luz pode se curvar ao passar próxima de um corpo celestial muito massivo, como por exemplo o Sol, efeito conhecido como curvatura do espaço.
- b) CORRETA. Os patins possuem uma área de contato com o solo bem pequena, resultando em um aumento de pressão no local de contato, derretendo o gelo e solidificando em seguida devido à temperatura do gelo estar abaixo do ponto de congelamento para o local.
- c) INCORRETA. As ondas não transportam matéria e sim energia e quantidade de movimento (no caso de ondas mecânicas)
- d) INCORRETA. Na eletrização por contato, os dois corpos ficam com o mesmo sinal de carga, podendo ficar negativo e ceder elétrons ou ainda ficar positivo recebendo elétrons, para os casos de corpo negativo com neutro e corpo positivo com neutro respectivamente. Não é por atrito.



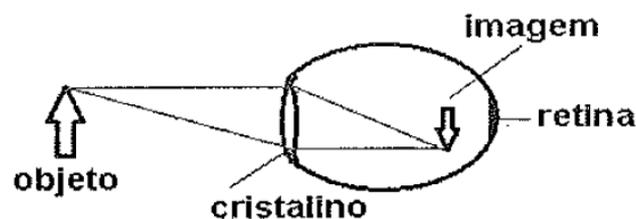
e) INCORRETA. As bússolas não apontam com precisão para o norte geográfico e sim aproximadamente.



**Gabarito: B**

### 3. (CN – 2016)

A visão é um dos principais sentidos usados pelos seres humanos para receber o mundo e a figura abaixo representa de forma muito simplificada o olho humano, que é o veículo encarregado de levar essas percepções até o cérebro.



Sendo assim, com base na figura acima, é correto afirmar que o olho é

- a) míope e a correção é feita com lente convergente.
- b) míope e a correção é feita com lente divergente.
- c) hipermetrope e a correção é feita com lente convergente.
- d) hipermetrope e a correção é feita com lente divergente.
- e) normal e, nesse caso, não precisa de correção.

### Comentários:

Quando olhamos para a figura em questão, vemos que se trata de um olho míope, onde a imagem é formada antes da retina. Além disso, para corrigir o problema visual é necessário utilizar uma lente divergente. Lembre-se da brincadeira: Por que o míope não vai ao zoológico? Porque ele usa lente de ver gente (divergente).

No caso da hipermetropia, teríamos a imagem atrás da retina (depois da retina) e, nesse caso, utilizamos uma lente convergente.

**Gabarito: B**

---

**4. (CN – 2015)**

Com relação aos conceitos físicos, assinale a opção INCORRETA.

- a) Quando um chuveiro elétrico, considerado ôhmico, tem a sua resistência diminuída, ocorre um aumento da temperatura da água (efeito Joule).
- b) Dois corpos de mesmo material recebem a mesma quantidade de calor de uma fonte térmica. Nesse caso, o corpo de menor massa sofrerá um maior aumento de temperatura.
- c) A roldana fixa pode ser considerada como um tipo de máquina simples que facilita a execução de uma tarefa. Entretanto, não oferece vantagem mecânica durante o seu uso.
- d) As lentes prescritas para uma pessoa com miopia são divergentes e, nesse caso, quando usadas para observar um objeto, produzem uma imagem virtual e maior que o objeto.
- e) O campo magnético da Terra, além de permitir o uso da bússola para a navegação, tem a função de proteger o planeta contra algumas radiações eletromagnéticas vindas do espaço.

**Comentários:**

a) CORRETA. No caso dos chuveiros elétricos que estão submetidos a uma diferença de potencial constante (tensão da rede), a potência no chuveiro é dada por:

$$Pot = \frac{U^2}{R}$$

Assim, quanto menor a resistência, maior a potência. O efeito Joule consiste na dissipação de energia térmica por um condutor quando ele é percorrido por uma corrente elétrica.

b) CORRETA. Olhando para a equação fundamental da calorimetria, se há uma alteração na temperatura, temos:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$
$$\Delta T = \frac{Q}{m \cdot c}$$

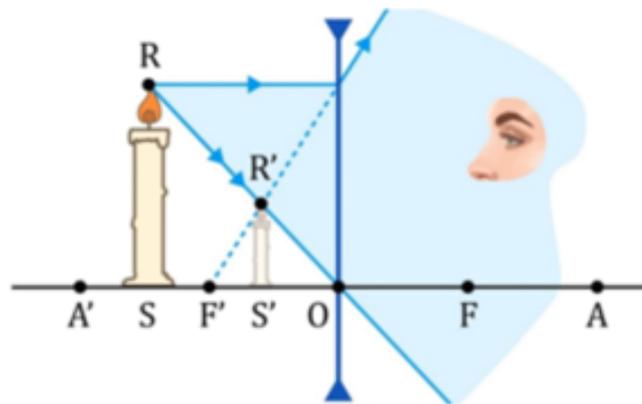
Assim, quanto menor a massa maior será o aumento de temperatura.

c) CORRETA. Precisa ser móvel.

d) INCORRETA. De fato, as lentes prescritas para pessoas com miopia são lentes divergentes, e as lentes divergentes sempre tem imagens com natureza virtual e menor que o objeto.



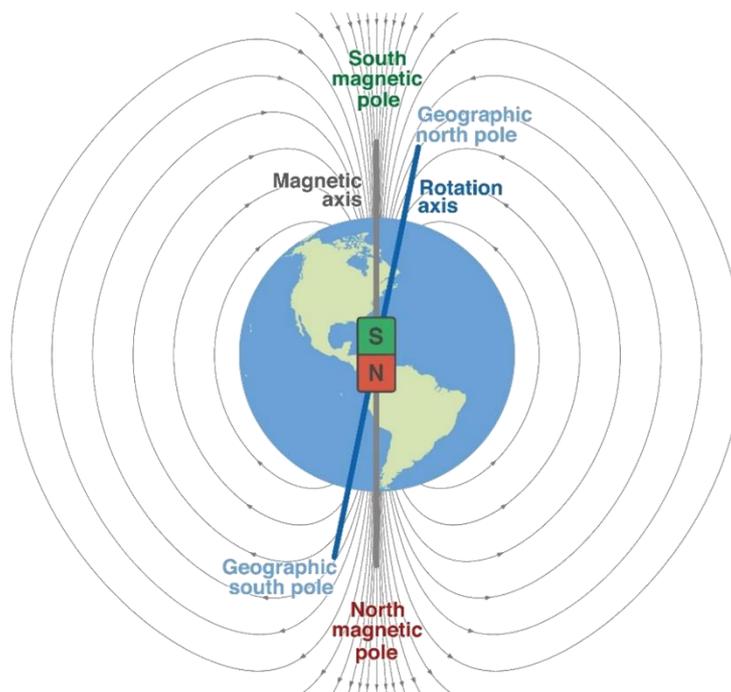
### Objeto real em qualquer posição



#### Características:

- Imagem virtual.
- Imagem direita.
- Imagem menor que o objeto.

e) CORRETA. De fato, o campo magnético terrestre ajuda a proteger a Terra de radiações eletromagnéticas provenientes do espaço e produz até fenômenos bonitos aos olhos, como as auroras boreais.



**Gabarito: D**

### 5. (CN – 2015)

Leia o texto a seguir.

“É impossível para o espelho da alma refletir na imaginação alguma coisa que não esteja diante dele. É impossível que o lago tranquilo mostre em sua profundidade a imagem de qualquer



montanha ou o retrato de qualquer árvore ou nuvem que não exista perto do lago. É impossível que a luz projete na terra a sombra de um objeto que não exista. Nada pode ser visto, ouvido ou de outro modo sentido, sem ter essência real ...”

(Trecho de “Desabafo de Segunda-feira” – Raul Seixas)

Com base no texto acima, analise as afirmativas abaixo.

I – A imagem de um objeto mostrada pelo lago tranquilo é virtual, direita e do mesmo tamanho do objeto.

II – A sombra de um objeto projetada pela luz, na terra, acontece devido ao princípio da propagação retilínea da luz.

III – Nada pode ser visto, sem ter essência real. Neste caso, a visão ocorre por causa da refração da luz ao passar pelos objetos reais.

IV – Ao afirmar que nada pode ser ouvido sem ter essência real, o autor se refere ao som, que é uma onda mecânica capaz de se propagar em todos os meios materiais.

V – Quanto ao espelho, pode-se dizer que, qualquer um deles (plano ou esférico), sempre produzirá imagens de coisas que estão diante dele.

Assinale a opção correta.

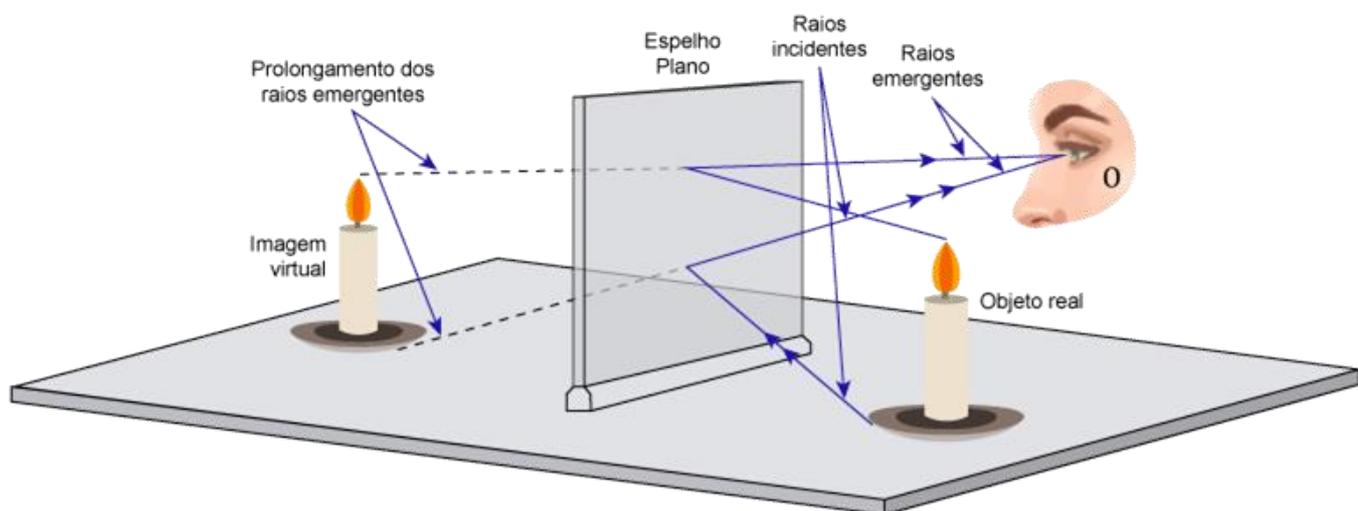
a) Apenas as afirmativas I, II e III são verdadeiras. b) Apenas as afirmativas II, IV e V são verdadeiras.

c) Apenas as afirmativas I, III e V são verdadeiras. d) Apenas as afirmativas II, III e V são verdadeiras.

e) Apenas as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.

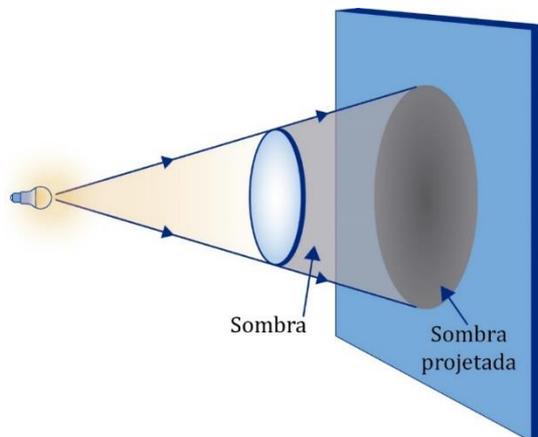
### Comentários:

I. CORRETA. Lembre-se que para um espelho plano, se o objeto é real, então a imagem é virtual. Se o objeto é virtual, então a imagem é real. Lembre-se dessa figura.

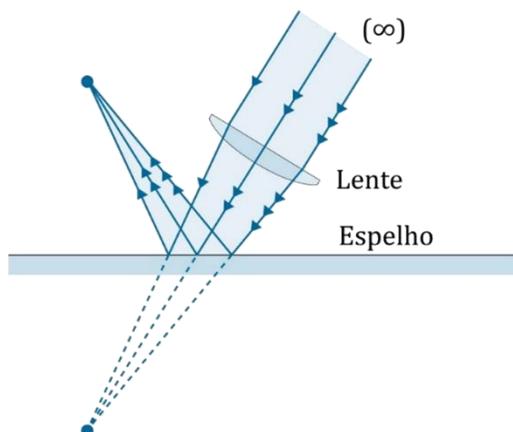


II. CORRETA. De fato, o princípio da propagação retilínea dos raios justifica bem a formação de sombra e penumbra:





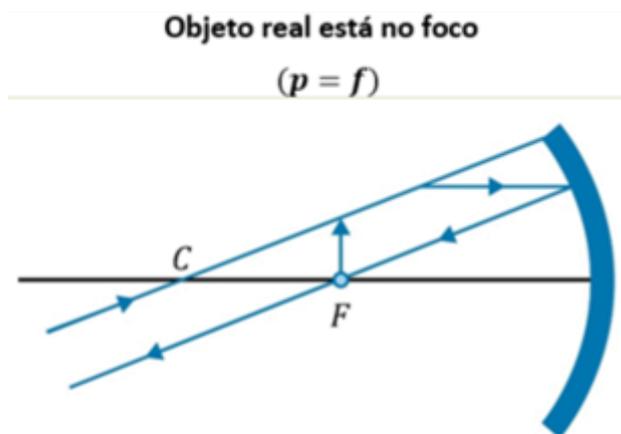
III. INCORRETA. Questão muito sutil. Podemos ter um objeto virtual em que um espelho plano formará uma imagem real.



Note que as linhas pontilhadas formam um pincel de raios convergentes sendo formado pelo cruzamento imaginário do prolongamento dos raios de luz. Assim, temos a imagem real de um objeto virtual.

IV. CORRETA. O som é uma onda mecânica e precisa de um meio material para se propagar. A luz é uma onda eletromagnética e, por isso, ela consegue se propagar no vácuo.

V. INCORRETA. Sabemos que um objeto colocado no foco de um espelho côncavo, por exemplo, terá imagem imprópria.



**Características:**

- Imagem imprópria.
- Imagem está localizada no infinito.



## Gabarito: E

### 6. (CN – 2014)

No dia 15 de abril, desse ano, ocorreu o eclipse lunar total. Nesse fenômeno, a sombra da Terra é projetada sobre a Lua, encobrendo-a por completo. Entretanto, uma parte da luz solar, que atravessou a atmosfera terrestre, refletiu-se na Lua com uma cor avermelhada, produzindo o que se chamou de “Lua de Sangue”.

Considerando tal fato e tal fenômeno, analise as afirmativas abaixo e, em seguida, assinale a opção correta.

I. Na Lua, onde não há atmosfera, o calor pode se propagar, somente, por condução e irradiação.

II. Uma onda sonora, por não haver resistência do ar, propaga-se mais rapidamente na Lua, do que na Terra.

III. A cor avermelhada, refletida na Lua, ocorreu devido à refração da luz solar, ao atravessar a atmosfera da Terra.

IV. A luz solar, sendo uma onda eletromagnética, propaga-se na Lua e na atmosfera terrestre com a mesma velocidade.

V. Como a gravidade na Lua é cerca de  $1/6$  da gravidade na Terra, uma pessoa de 60kg de massa terá, na Lua, um peso de 100 N, considerando  $g_{Terra} = 10 \text{ m/s}^2$ .

a) Apenas as afirmativas II, IV e V são verdadeiras.

b) Apenas as afirmativas I, III e V são verdadeiras.

c) Apenas as afirmativas I, IV e V são verdadeiras.

d) Apenas as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.

e) Apenas as afirmativas I, II e III são verdadeiras

### Comentários:

I. CORRETA. Se aquecermos a extremidade de uma barra na Lua, com os devidos cuidados, o calor irá se propagar por condução ao longo da barra, pois na condução temos o movimento vibratório de suas moléculas. Assim, há uma energia que é transferida para a molécula vizinha, que aumenta seu movimento vibratório e transfere para a próxima. A irradiação térmica é consiste na propagação de calor por meio de ondas eletromagnéticas (ondas que podem se propagar no vácuo). Qualquer corpo acima do zero absoluto irradia calor.

II. INCORRETA. Ondas sonoras são ondas mecânicas longitudinais que necessitam de um meio para se propagar.

III. CORRETA. Tal fato ocorre devido à refração e da dispersão da luz do Sol na atmosfera da Terra que desvia apenas certos comprimentos de onda de coloração avermelhada para dentro da região da penumbra onde está a Lua.



IV. INCORRETA. Embora o índice de refração do ar seja muitas vezes considerado igual ao índice de refração do vácuo, sabemos que há uma leve diferença. Índice de refração no vácuo é igual a 1 e no ar é cerca de 1,00029.

V. CORRETA. Considerando a aceleração da gravidade na Terra igual a  $10 \text{ m/s}^2$ , temos:

$$P_{Lua} = m \cdot g_{Lua}$$

$$P_{Lua} = 60 \cdot \frac{g}{6}$$

$$P_{Lua} = 60 \cdot \frac{10}{6}$$

$$\boxed{P_{Lua} = 100 \text{ N}}$$

**Gabarito: B**

### 7. (CN – 2013)

No manual de instalação de um projetor digital estão escritas várias especificações. Algumas dessas estão escritas abaixo:

- Lente  $F = 2,58 - 2,80$
- Lâmpada de 190 W
- Fonte de alimentação AC 100 V – 240 V
- Peso = 2,3 kg
- Temperatura de funcionamento  $0^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}$  ao nível do mar

Analise as afirmativas a seguir sobre essas especificações.

I – a lente usada no projetor é convergente pois a imagem projetado por ele é real e aumentada.

II – quando ligado sob tensão de 110 V, a lâmpada é percorrida por uma corrente de, aproximadamente, 1,7 A.

III – a variação de temperatura prevista para o funcionamento, na escala Kelvin, é igual a 40 K.

IV – a lente usada no projetor é divergente pois provoca a abertura dos raios e, com isso, aumenta a imagem projetada.

V – a unidade da grandeza peso usada nas especificações está de acordo com as unidades usadas no Sistema Internacional.

VI – a resistência elétrica da lâmpada quando ligada na tensão de 220 V vale, aproximadamente, 255  $\Omega$ .

Assinale a opção correta.

- a) Apenas as afirmativas I, IV e V são verdadeiras.
- b) Apenas as afirmativas II, III e V são verdadeiras.
- c) Apenas as afirmativas III, IV, V e VI são verdadeiras.



- d) Apenas as afirmativas I, II, IV e VI são verdadeiras.  
e) Apenas as afirmativas I, II, III e VI são verdadeiras.

### Comentários:

I – Correta. Somente imagens reais podem ser projetadas, lembre-se disso. Diante das características da imagem projetada (real e maior), a lente utilizada por um projetor é convergente. A afirmação I exclui a afirmação IV. Logo, a afirmação IV está incorreta. Como sobram apenas as alternativas b) e e), mas sabemos que a I está correta, então já poderíamos marcar a alternativa e) sem olhar as outras. Como estamos estudando, vamos analisar todas.

II – Correta. A lâmpada possui potencial nominal de 190 W. Por isso, quando ligada a uma tensão de 110 V, a corrente que passa por ela é de:

$$P = U \cdot i$$
$$190 = 110 \cdot i$$
$$\boxed{i = 1,7 \text{ A}}$$

A indicação 100 V – 240 V indica que o aparelho pode ser conectado a uma rede que forneça tensão entre esses valores, em outras palavras, estamos falando de um dispositivo bivolt.

III – Correta. A temperatura na escala Kelvin está relacionada com a escala Celsius pela equação:

$$T(K) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$

Isso se considerarmos o zero absoluto como sendo  $-273,15^{\circ}\text{C}$ . Em muitos casos, por simplificação, é considerado apenas  $-273^{\circ}\text{C}$ . Entretanto, quando fazemos a variação na escala Kelvin, percebemos que ela tem a mesma variação na escala Celsius. Isso ocorre devido a álgebra da relação. Vejamos, se tivermos uma temperatura  $T_1(K)$  em Kelvin, ela terá sua correspondente em Celsius dada por  $T_1(^{\circ}\text{C})$ . Para uma temperatura  $T_2(K)$  em Kelvin, ela terá sua correspondente em Celsius dada por  $T_2(^{\circ}\text{C})$ , de tal forma que:

$$\begin{cases} T_1(K) = T_1(^{\circ}\text{C}) + 273,15 \\ T_2(K) = T_2(^{\circ}\text{C}) + 273,15 \end{cases}$$

Fazendo a variação de temperatura em Kelvin, temos:

$$\Delta T(K) = T_2(K) - T_1(K)$$
$$\Delta T(K) = [T_2(^{\circ}\text{C}) + 273,15] - [T_1(^{\circ}\text{C}) + 273,15]$$
$$\Delta T(K) = T_2(^{\circ}\text{C}) + 273,15 - T_1(^{\circ}\text{C}) - 273,15$$
$$\Delta T(K) = \underbrace{T_2(^{\circ}\text{C}) - T_1(^{\circ}\text{C})}_{\Delta T(^{\circ}\text{C})}$$
$$\boxed{\Delta T(K) = \Delta T(^{\circ}\text{C})}$$

Ou seja, quando a temperatura varia  $20^{\circ}\text{C}$ , quer dizer que ela também varia de 20 K na escala Kelvin. Segundo as especificações, a temperatura varia de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ , isto é, varia de  $40^{\circ}\text{C}$ . Então, ela irá variar de 40 K.



IV – Incorreta. Ver afirmativa I.

V – Incorreta. A unidade de peso, que é uma força, no SI é o newton (N). Na informações está mostrando uma medida de **massa**, que no SI tem unidades em quilograma (unidade de massa).

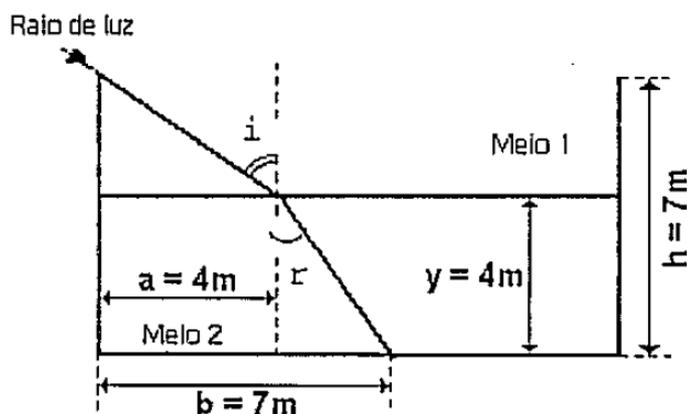
VI – Correta. Para a potência nominal fornecida, quando a lâmpada está conectada a uma tensão de 220 V, a sua resistência é dada por:

$$Pot = \frac{U^2}{R}$$
$$190 = \frac{220^2}{R}$$
$$R = 254,7 \cong 255 \Omega$$

**Gabarito: E**

### 8. (CN – 2007)

Observe a figura a seguir.



A refração é um fenômeno no qual a luz, ao passar de um meio para outro, sofre mudança na sua velocidade de propagação. Esse fato é provocado devido à refração de cada meio, sendo a principal relação entre os meios dada por:  $n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$ , na qual “ $i$ ” e “ $r$ ” são os ângulos de incidência e refração, respectivamente, e “ $n$ ”, o índice de refração de cada meio.

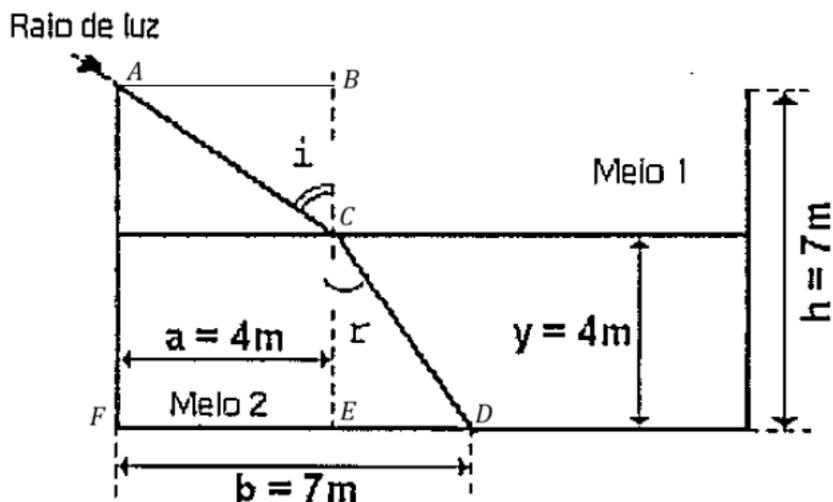
O esquema acima mostra um tanque de paredes transparentes sobre o qual incide um raio de luz monocromático proveniente do meio 1, cujo índice de refração é igual a 1. Assim, pode-se afirmar que os senos dos ângulos de incidência e refração bem como o índice de refração do meio 2 valem, respectivamente,

- a) 0,6; 0,8 e 4/3
- b) 0,6; 0,8 e 3/4
- c) 0,8; 0,6 e 5/4
- d) 0,8; 0,6 e 4/3
- e) 0,8; 0,6 e 3/4

### Comentários:

Durante a teoria de refração, nós não abordamos com profundidade a lei de Snell, pois ela nunca foi cobrada amplamente na prova do Colégio Naval. Entretanto, nessa questão de 2007 eles abordaram o tema, mas perceba que ele descreve toda a teoria da lei de Snell. Perceba que o ângulo de incidência e o ângulo de refração são tomados em relação a reta normal ao superfície no ponto em que o raio de luz toca na superfície que define a interface entre os dois meios.

Pela geometria da questão, temos:



Pela geometria da figura, temos:

$$ED = FD - EF = 7 - 4 = 3 \text{ m}$$

$$CE = 4 \text{ m}$$

Então o triângulo CED é triângulo retângulo pitagórico 3, 4 e 5. Portanto:  $CD = 5 \text{ m}$ . Logo:

$$\text{sen } r = \frac{ED}{CD} = \frac{3}{5}$$

$$\boxed{\text{sen } r = 0,6}$$

No triângulo ABC, temos:

$$BC = AF - CE = 7 - 4 = 3 \text{ m}$$

$$AB = 4 \text{ m}$$

Novamente temos um triângulo pitagórico 3, 4 e 5. Portanto:  $AC = 5 \text{ m}$ . Logo:

$$\text{sen } i = \frac{AB}{AC} = \frac{4}{5}$$

$$\boxed{\text{sen } i = 0,8}$$

Agora que conhecemos os ângulos, basta aplicar a lei de Snell:

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$$

$$1 \cdot 0,8 = n_2 \cdot 0,6$$

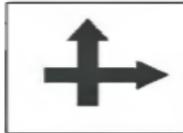
$$\frac{4}{5} = n_2 \cdot \frac{3}{5}$$

$$n_2 = \frac{4}{3}$$

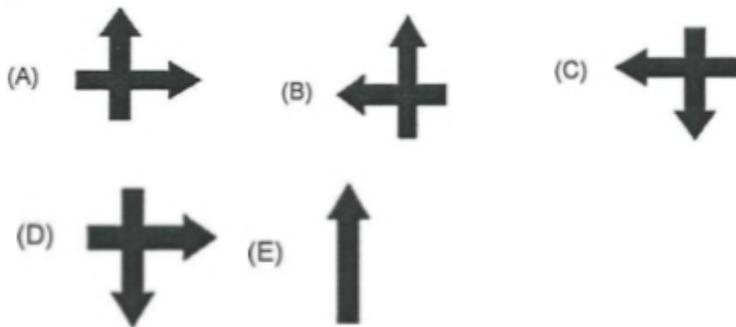
**Gabarito: D**

**9. (2018/EAM)**

Observe a figura a seguir



O cartão acima é visto por um observador através de uma lupa (lente esférica biconvexa) de vidro que se encontra no ar. O cartão é colocado a aproximadamente 20 cm da lupa cuja distância focal é da ordem de 10 cm. Sendo assim, marque a opção que apresenta a figura que o observador vê através da lente.



**Comentários:**

Utilizando a fórmula de Aumento Linear Transversal:

$$\frac{i}{o} = \frac{f}{f - p} = \frac{10}{10 - 20}$$

Assim

$$i = -o, \text{ logo a imagem será invertida}$$

Ou seja, a seta ficará para cima e para a direita, obtendo, assim, a letra.

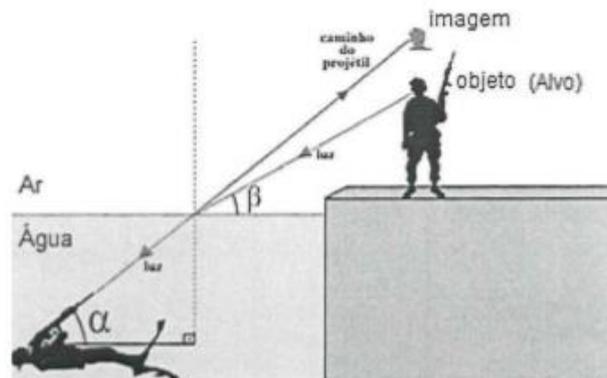
**Gabarito: C**

**10. (2018/EAM)**

O Grupamento de Mergulhadores de Combate (GruMeC), subordinado ao Comando da Força de Submarinos da Marinha do Brasil (MB), é uma das mais importantes e respeitadas tropas de operações especiais do mundo, especializada em infiltração, reconhecimento, sabotagem, resgate e destruição de alvos estratégicos. Um MeC, assim como é chamado um membro do GruMeC, equipado com um fuzil de alta precisão e com um equipamento de mergulho de



circuito fechado (que não solta bolhas de ar) recebe a missão de se infiltrar e eliminar o inimigo que guarnece um posto de controle.



O MeC mira o seu fuzil a fim de acertar a cabeça do inimigo conforme mostrado na figura. Considere para tal desprezível o efeito da gravidade, que o fuzil tenha funcionado adequadamente mesmo debaixo d'água, que o tiro disparado poderia ter alcançado o inimigo que se encontrava bastante próximo e que o projétil, ao passar da água para o ar, não sofreu desvio algum em termos de direção. Qual das opções abaixo está relacionada com o fenômeno óptico mostrado na figura que ilustra esse enunciado e que deveria ter sido levado em conta pelo MeC a fim de acertar o alvo?

- (A) Refração da Luz.
- (B) Absorção da Luz.
- (C) Reflexão da Luz
- (D) Reflexão Total da Luz.
- (E) Dispersão da Luz.

#### Comentários:

Nessa situação ocorre o fenômeno da Refração da Luz, no qual os raios de luz sofrem um desvio na sua trajetória

A Lei de Snell nos permite calcular o desvio exato na trajetória, sendo ela:

$$N_{\text{água}} * \text{sen } \alpha = N_{\text{ar}} * \text{sen } \beta$$

#### Gabarito: A

#### 11. (2018/EAM)

Um motorista de táxi conversa com um passageiro que está sentado no banco de trás, observando a imagem de seus olhos fornecida pelo espelho plano retrovisor interno. Se o motorista consegue ver no espelho a imagem dos olhos do passageiro, este também consegue ver, no mesmo espelho, a imagem dos olhos do motorista. Esse fato pode ser explicado utilizando-se:

- (A) o Princípio da Propagação Retilínea dos Raios de Luz.



- (B) o Princípio da Independência dos Raios de Luz.
- (C) o Princípio da Reversibilidade dos Raios de Luz.
- (D) a Interferência dos Raios de Luz.
- (E) a Difração dos Raios de Luz

**Comentários:**

De acordo com o Princípio da Reversibilidade dos Raios de Luz, a trajetória do raio de luz é idêntica nos caminhos de ida e volta. Dessa forma, o motorista consegue ver o passageiro, e o passageiro consegue ver o motorista.

**Gabarito: C**

---

**12. (2017/EAM)**

A refração da luz possibilita o entendimento de muitos fenômenos comuns no nosso dia a dia, como a aparente profundidade menor de uma piscina, as miragens nas rodovias em dias quentes e o arco-íris. Sendo assim, analise as afirmativas referentes à óptica geométrica assinalando, a seguir, a opção correta.

I - Refração da luz é o desvio da luz ao atravessar a fronteira entre dois meios transparentes.

II - Refração da luz é a passagem da luz de um meio transparente para outro, ocorrendo sempre uma alteração de sua velocidade de propagação.

III – Na refração da luz, o raio refratado pode não apresentar desvio em relação ao raio incidente.

- a) Apenas a afirmativa III está correta.
- b) Apenas as afirmativas I e III estão corretas.
- c) Apenas as afirmativas II e III estão corretas.
- d) Apenas as afirmativas I e II estão corretas.
- e) Apenas a afirmativa II está correta.

**Comentários:**

I – Falso, pois não necessariamente ocorre desvio da luz na refração (ex.: Incidência normal).

II – Verdadeiro, pois define a refração.

III – Verdadeiro, pois como comentado no item I, não precisa haver desvio, vide incidência normal.

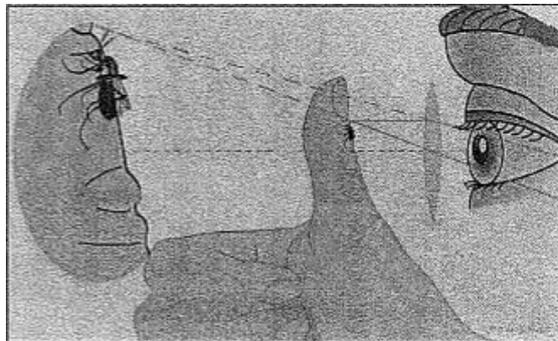
**Gabarito: C**

---

**13. (2016/EAM)**

Observe a figura abaixo:





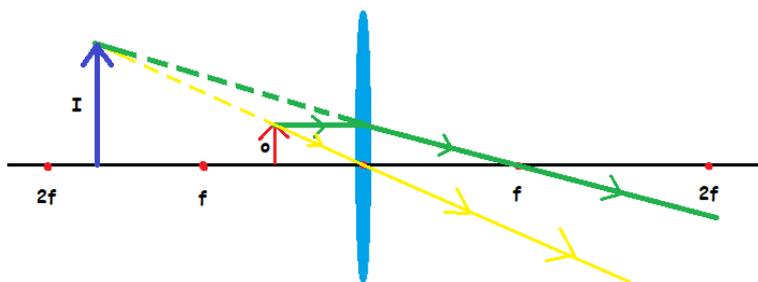
Assinale a opção que completa corretamente as lacunas da sentença abaixo. Um aluno observa um mosquito através de uma lente convergente, obtendo uma imagem ampliada do inseto, conforme a figura acima.

Para conseguir esse resultado, a lente em questão deve ser \_\_\_\_\_ e o mosquito deve se localizar \_\_\_\_\_.

- a) Bicôncava/entre o foco e o centro óptico da lente.
- b) Biconvexa / entre o foco e o centro óptico da lente.
- c) Bicôncava / entre o ponto antiprincipal e o foco da lente.
- d) Biconvexa / no foco da lente.
- e) Bicôncava / no ponto antiprincipal da lente.

#### Comentários:

O enunciado explicita que a lente é convergente. Dessa forma, a lente é do tipo **Biconvexa (lentes bicôncavas são do tipo “divergentes”)**. Em seguida devemos analisar a posição do objeto em relação a lente.



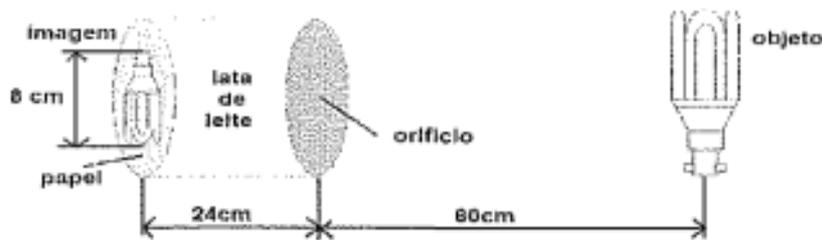
Observe que se posicionarmos o objeto(mosquito) entre o foco e o centro óptico da lente, temos uma imagem **virtual, maior e direita**. Assim, o aluno consegue ampliar a imagem do mosquito (igual a uma lupa).

**Gabarito: B**

#### 14. (2016/EAM)

Observe a figura abaixo:





Um estudante, ao realizar um experimento, construiu, com uma lata de leite, uma câmara escura de orifício. Para isso, ele fez um furo no centro do fundo da lata e, em seguida, retirou a tampa do outro lado, colando um disco de papel vegetal nessa tampa. Ao colocar uma lâmpada acesa distante 60 cm de sua câmara escura de orifício, o estudante viu a projeção da imagem da lâmpada sobre o papel vegetal, conforme mostra a figura acima. Observando as medidas obtidas no experimento, é correto afirmar que o tamanho da lâmpada utilizada é de:

- a) 10cm      b) 12cm      c) 16cm      d) 18cm      e) 20cm

**Comentários:**

Para calcularmos o tamanho do objeto, temos:

$$\frac{\textit{imagem}}{\textit{objeto}} = \frac{-p'}{p}$$

Na qual “p” é a distância do objeto até a lata e “p’” é a distância da imagem até a lata. Dessa forma, substituindo os valores:

$$\frac{2\textit{cm}}{\textit{objeto}} = \frac{24\textit{cm}}{60\textit{cm}}$$

Portanto:

$$\textit{objeto} = 20 \textit{ cm}$$

**Gabarito: E**

**15. (2015/EAM)**

Assinale a opção que apresenta somente características das imagens formadas por espelhos planos para os objetos reais.

- a) Simétrica, invertida e virtual.  
b) Revertida, simétrica e real.  
c) Reduzida, simétrica e invertida.  
d) Direita, de igual tamanho e virtual.  
e) Real, direita e ampliada.

**Comentários:**

Sabendo que espelhos planos, diferente dos espelhos esféricos, não apresentam aumento linear, temos que a imagem de um objeto real por eles formada é sempre **direita**, de **igual tamanho** e **virtual**.



## Gabarito: D

---

### 16. (2018/EEAR)

Para a correção dos diferentes tipos de defeitos de visão, faz-se necessário o emprego de diferentes tipos de lentes externas, ou seja, o uso de óculos. Após consultar um médico oftalmologista, dois pacientes foram diagnosticados, sendo que o primeiro apresentou hipermetropia e no segundo foi constatada miopia. Deste modo, o médico determinou para cada situação a confecção de lentes:

1 - Divergente para o primeiro paciente, pois a hipermetropia se deve ao alongamento do globo ocular;

2 - Convergente para o segundo paciente, pois a miopia se deve ao alongamento do globo ocular;

3 - Convergente para o primeiro paciente, pois a hipermetropia se deve ao encurtamento do globo ocular;

4 - Divergente para o segundo paciente, pois a miopia se deve ao encurtamento do globo ocular.

A(s) afirmativa(s) correta(s) é (são):

- a) 2 e 3                      b) 3 e 4                      c) Apenas 3                      d) Apenas 2

### Comentários:

Esse problema sobre óptica da visão nos remete a dois fatos: na correção de hipermetropia se usa lente convergente, pois há um encurtamento do globo ocular e a lente convergente atua fazendo a imagem se formar antes do que se formaria sem o seu uso, enquanto na correção da miopia há o uso de lentes divergentes, já que ocorre um alongamento do globo ocular, ou seja, existe a necessidade de que a imagem se forme um pouco depois do ponto onde se formaria naturalmente.

## Gabarito: C

---

### 17. (2017/EEAR)

A 50cm de um espelho convexo, coloca-se uma vela de 15cm de altura. Com relação às características da imagem formada é correto afirmar que ela é:

- a) real, direita e ampliada em relação ao objeto.  
b) virtual, direita e reduzida em relação ao objeto.  
c) real, invertida e reduzida em relação ao objeto.  
d) virtual, invertida e de tamanho igual a do objeto.

### Comentários:

Espelhos convexos sempre formam imagens virtuais, direitas e menores que o objeto.

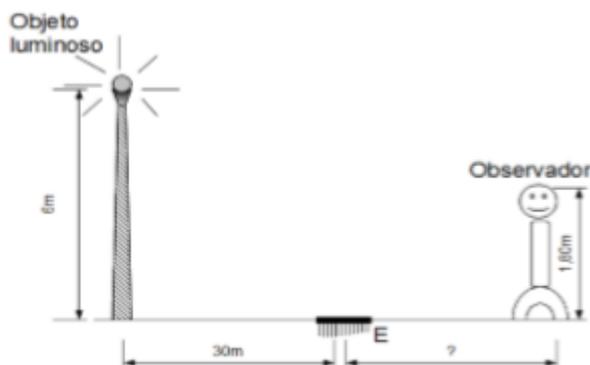
## Gabarito: B

---



### 18. (2017/EEAR)

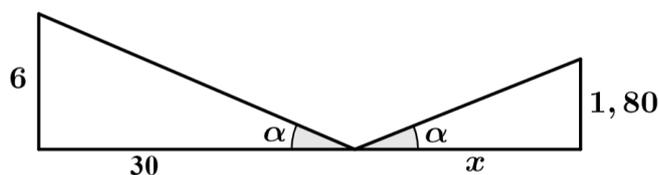
Um objeto luminoso é colocado no alto de um poste de 6 m de altura que está a 30 m de um pequeno espelho (E) de dimensões desprezíveis, como mostra a figura abaixo. Qual deve ser a distância, em metros, de um observador cujos olhos estão a 1,80 m do solo, para que possa ver o objeto luminoso através do espelho?



- a) 3                      b) 6                      c) 9                      d) 12

#### Comentários:

Sabendo que a luz se propaga em linha reta e pelo caminho de menor tempo possível (**Princípio da propagação retilínea da luz**), temos:



Pela semelhança de triângulos, temos:

$$\frac{6}{30} = \frac{1,80}{X} \rightarrow X = 9 \text{ m}$$

#### Gabarito: C

### 19. (2017/AFA)

Considere uma lente esférica delgada, S, de bordas finas, feita de material de índice de refração  $n$  maior do que o índice de refração do ar. Com esta lente podem-se realizar dois experimentos. No primeiro, a lente é imersa em um meio ideal, de índice de refração  $n_1$ , e o seu comportamento óptico, quando um feixe de luz paralela passa por ela, é o mesmo de uma lente côncavo-convexa de índice de refração  $n$  imersa no ar. No segundo, a lente S é imersa em um outro meio ideal, de índice de refração  $n_2$ , e o seu comportamento óptico é o mesmo de uma lente convexo-côncava de índice de refração  $n$  imersa no ar.

Nessas condições, são feitas as seguintes afirmativas:

I -  $n_2 > n > n_1$

II - a lente S, quando imersa no ar, pode ser uma lente plano-côncava.

III - a razão entre as vergências da lente S nos dois experimentos não pode ser 1.



IV - as distâncias focais da lente S, nos dois experimentos, são sempre as mesmas.

São corretas, apenas:

- a) I e II                      b) II e III                      c) I e III                      d) II e IV

**Comentários:**

Analisaremos as afirmativas:

I - Correto! Quando imersa no meio ideal de índice  $n_1$ , a lente se comporta como uma lente convergente. Portanto  $n > n_1$ . Entretanto, quando imersa no meio ideal de índice  $n_2$  a lente se comporta como uma lente divergente. Logo  $n_2 > n$ .

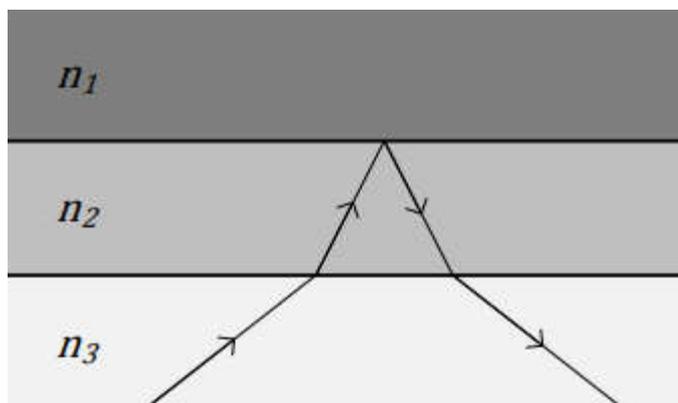
II - Falso! A lente imersa no ar tem comportamento inverso às plano-convexas.

III - Correto! Na primeira situação a lente é convergente e portanto  $C > 0$ . Na segunda situação a lente é divergente e portanto  $C < 0$ .

IV - Falsa! A distância focal não depende somente da forma das lentes, mas também do meio em que estão submetidas.

**Gabarito: C**

**20. (2019/IME/1ª FASE)**



A figura acima mostra três meios transparentes, de índices de refração 1, 2 e 3, e o percurso de um raio luminoso. Observando a figura, é possível concluir que:

- a)  $n_2 < n_3 < n_1$   
b)  $n_1 < n_2 < n_3$   
c)  $n_3 < n_1 < n_2$   
d)  $n_1 < n_3 < n_2$   
e)  $n_2 < n_1 < n_3$

**Comentários**

Quando um raio se aproxima da normal ele o faz por ter a sua velocidade diminuída. Se a velocidade é diminuída, isso mostra que o raio foi de um meio menos refringente para outro mais refringente.

Do meio 3 para o meio 2, vemos uma aproximação da normal, logo,  $n_2 > n_3$ . Do meio 2 para o meio 1, o raio sofre uma reflexão total, o que só é possível se  $n_2 > n_1$ .

Para encontrarmos uma relação entre os índices de refração dos meios 1 e 3, podemos pensar que para um mesmo ângulo  $\theta$ , o raio luminoso consegue atravessar a interface entre os meios 2 e 3, porém, não consegue ir do meio 2 para o meio 1, o que evidencia que  $n_3 > n_1$ .

Dessa forma:

$$n_1 < n_3 < n_2$$

**Gabarito: D**

---

### 21. (2019/ITA/1ª FASE)

Em férias no litoral, um estudante faz para um colega as seguintes observações:

- I. A luz solar consiste em uma onda eletromagnética transversal, não polarizada e policromática.
- II. A partir de um certo horário, toda a luz solar que incide sobre o mar sofre reflexão total.
- III. A brisa marítima é decorrente da diferença entre o calor específico da areia e o da água do mar.

A respeito dessas observações, é correto afirmar que

- a) todas são verdadeiras
- b) apenas a I é falsa
- c) apenas a II é falsa
- d) apenas III é falsa
- e) há mais de uma observação falsa

### Comentários

I – Correta. A luz solar é considerada uma radiação eletromagnética transversal, formada por um campo eletromagnético perpendicular a um campo elétrico que oscilam em planos opostos e criam um ao outro. Essa característica torna esse tipo de radiação não polarizável, além disso, a radiação solar é formada por luz de todas as frequências, portanto, policromática.

II – Incorreta. A reflexão total é um fenômeno característico de radiação luminosa indo de um meio mais refringente, como a água do mar, para outro menos refringente, como o ar. A situação oposta não permite a ocorrência de reflexão total.

III – Correta. O calor específico da água do mar é maior que o da areia da praia. Em decorrência deste fato, pela manhã, a areia se aquece mais rapidamente que a água, gerando uma expansão dos gases atmosféricos e uma consequente zona de baixa pressão no continente, o que ocasiona a brisa do mar em direção para o interior, chamada de brisa marítima. Esse fenômeno se inverte no final da tarde, gerando a brisa continental, ou terrestre.

**Gabarito: C**

---



## 9 - Considerações finais da aula

Tome nota nos exercícios mais difíceis e faça mais de uma vez, com consciência completa do que você está fazendo. Não deixe nada passar com dúvidas.

Sabemos que o caminho para a aprovação é árduo, mas comentarei o maior número de questões do CN e passarei todos os bizes possíveis.

Conte conosco nessa jornada. Quaisquer dúvidas, críticas ou sugestões entre em contato pelo fórum de dúvidas do Estratégia ou se preferir:



 @proftoniburgatto



 @profhenriquegoulart



## 10 - Referências bibliográficas

- [1] Calçada, Caio Sérgio. Física Clássica volume 2. 2. Ed. Saraiva Didáticos, 2012. 544p.
- [2] Newton, Gualter, Helou. Tópicos de Física volume 2. 19ª ed. Saraiva, 2012. 480p.
- [3] Resnick, Halliday, Jearl Walker. Fundamentos de Física volume 2. 10ª ed. LTC. 282p.
- [4] Paul A. Tipler, Gene Mosca. Física para Cientistas e Engenheiros vol. 1. 6ª ed. LTC, 2019. 754 f.
- [6] Asociación Fondo de Investigadores y Editores. Una visión analítica del movimiento volume III. 11ª ed. Lumbreras editores. 619 p.



## 11 - Versão de aula

Versão da aula	Data da atualização
1.0	18/03/2020
1.1	08/04/2020
1.2	12/06/2020

