

FRENTE: FÍSICA II

PROFESSOR(A): CARLOS EDUARDO

ASSUNTO: INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA

EAD – ITA/IME

AULAS 01 E 02



## Resumo Teórico

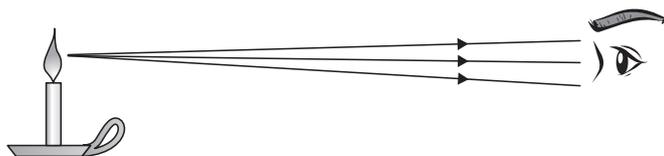
### Introdução à Óptica Geométrica

Sabemos que as ondas de rádio, de micro-ondas, de raios X e até de radiações (infravermelho e ultravioleta) são tipos de ondas eletromagnéticas. Maxwell mostrou, por meio de quatro equações do eletromagnetismo (denominadas Equações de Maxwell), que o campo elétrico e o campo magnético oscilam mutuamente e produzem ondas eletromagnéticas. A luz que enxergamos também é uma onda desta natureza, porém, ao incidir nos nossos olhos, faz-nos perceber sensações visuais. Conseguimos enxergar somente em uma região limitada.



Iremos estudar, em Óptica Geométrica, a óptica “visível” e, assim, explicar alguns fenômenos da natureza. Tais fenômenos são as formações de imagens em sistemas ópticos.

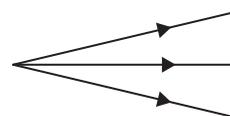
Como o próprio nome sugere, vamos trabalhar a geometria da óptica sem nos importar, em primeira instância, com interferências e difrações, que são fenômenos puramente ondulatórios. Como faremos isso? Bem, em primeiro lugar, devemos entender que, para um observador visualizar um objeto, um raio luminoso deve partir do objeto e atingir o olho deste observador. Assim, representa-se graficamente um raio luminoso como uma seta indicando o caminho da luz.



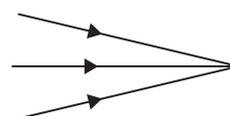
Não se pode isolar um raio luminoso. Portanto, entenda que isto é apenas uma representação gráfica.

Temos, na verdade, feixes luminosos. Três possíveis tipos de feixes são:

• Divergente:



• Convergente:



• Paralelo:



(impróprio, dirige-se para o infinito)

### Fontes de luz

Quando um corpo envia luz para um observador, ele não necessariamente “cria” essa luz. Os corpos luminosos são chamados de fontes primárias. Os que podem emitir luz proveniente de outro local (também conhecidos como corpos iluminados) para um observador são conhecidos como fontes secundárias.

Alguns exemplos de fontes primárias são:

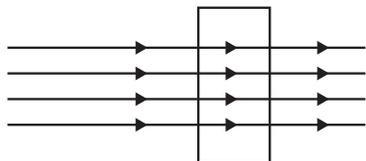
- incandescente: emite luz devido a uma temperatura elevada.
- luminescente: emite luz mesmo em temperaturas relativamente baixas. Lâmpada de neon – objetos fluorescentes, que emitem luz através de uma causa excitadora; e fosforescentes, que emitem luz mesmo após a causa excitadora ser cessada.

Classificamos uma fonte luminosa, também, em relação ao seu tamanho. Fontes de dimensões desprezíveis são ditas fontes pontuais. Caso contrário, são chamadas de fontes extensas.

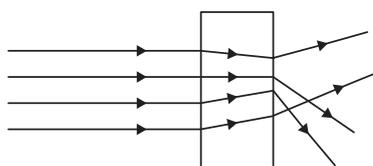
A natureza da luz depende da sua frequência e do seu comprimento de onda, pois estas duas grandezas estão diretamente ligadas. Dependendo da fonte, podemos ter diferentes tipos de luz. Assim, por exemplo, vapores de sódio em incandescência emitem luz amarela; moléculas ionizadas de hidrogênio emitem luz vermelha. Cada um desses tipos contendo uma só frequência (uma só cor) é denominado luz monocromática. Se for formado por um conjunto de cores, policromático.

## Classificação dos meios em relação ao seu comportamento com a luz

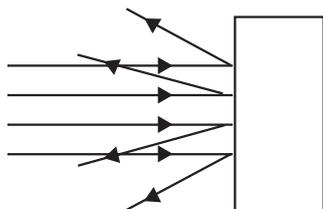
**1. Transparentes:** são os meios que se deixam atravessar pela luz. Através deles, podemos identificar objetos.



**2. Translúcidos:** são os meios que se deixam atravessar pela luz. Não podemos, através deles, identificar objetos, porque a trajetória dos raios é irregular.



**3. Opacos:** não se deixam atravessar pela luz.



Um meio em que todos os seus elementos de volume apresentam as mesmas propriedades é denominado homogêneo. A atmosfera, como um todo, não pode ser considerada homogênea, mas se olharmos para o ar, em pequenas quantidades, poderá ser considerado homogêneo.

Se as propriedades associadas a um elemento de volume não depende das direções em que são medidas, o meio é classificado como isotrópico. Existem cristais nos quais a velocidade da luz é diferente, dependendo da direção que você queira medir; estes são denominados anisotrópicos.

### Observação:

Meios isotrópicos, transparentes e homogêneos (simultaneamente) são denominados ordinários.

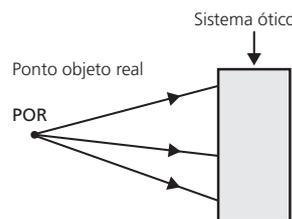
Damos o nome de sistema óptico a uma superfície refletora ou refratora ou a um conjunto de superfícies refletoras e refratoras.

Um sistema no qual todas as superfícies são refletoras é chamado catóptrico; se todas as superfícies constituintes do sistema forem refratoras, o sistema é dióptrico; um sistema que possuem superfícies refletoras e refratoras é chamado catadióptrico.

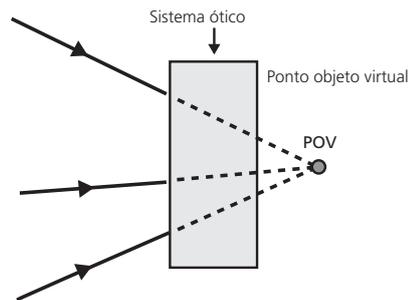
## Ponto objeto e ponto imagem

Os pontos objeto de um sistema ótico se classificam em função do tipo do pincel incidente.

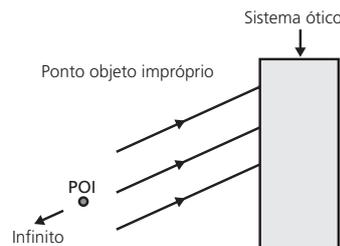
Ponto objeto real é o vértice de um pincel incidente divergente.



Ponto objeto virtual é o vértice de um pincel incidente convergente.

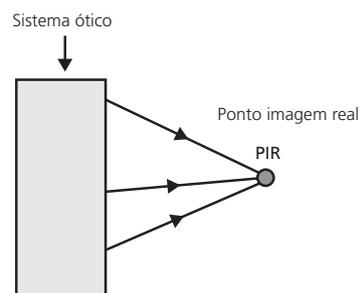


Ponto objeto impróprio é o vértice de um pincel incidente de raios paralelos.

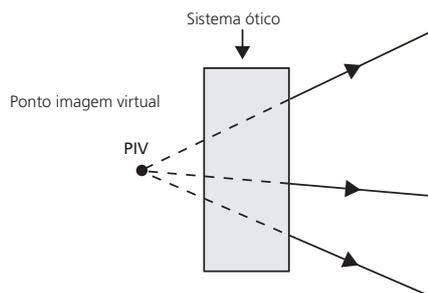


Os pontos imagem de um sistema ótico se classificam em função do tipo do pincel emergente.

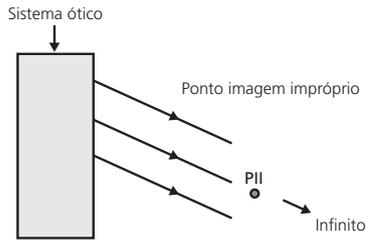
Ponto imagem real é o vértice de um pincel emergente convergente.



Ponto imagem virtual é o vértice de um pincel emergente divergente.



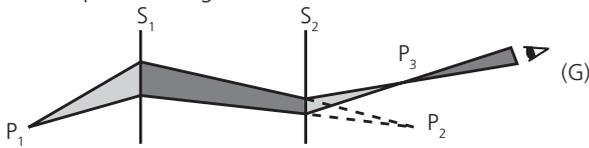
Ponto imagem impróprio é o vértice de um pincel emergente de raios paralelos.



Observe o exemplo:

No esquema, a seguir, estabelecer a natureza dos pontos em relação aos respectivos sistemas ópticos.

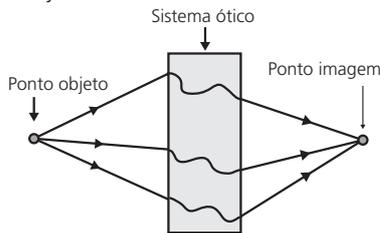
Acompanhe na figura:



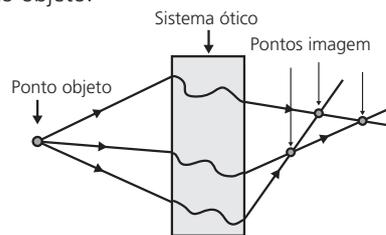
- $P_1(S_1)$  = POR (vértice do pincel divergente incidente)
- $P_2(S_1)$  = PIR (vértice do feixe convergente emergente)
- $P_2(S_2)$  = POV (vértice do pincel convergente incidente)
- $P_3(S_2)$  = PIR (vértice do pincel convergente emergente)
- $P_3(G)$  = POR (vértice do pincel divergente incidente)

### Os defeitos das imagens

Estigmático é o sistema óptico que forma um ponto imagem para cada ponto objeto.



Astigmático é o sistema óptico que forma vários pontos imagem para cada ponto objeto.



Existem alguns defeitos na formação das imagens. Um sistema óptico é ortoscópico quando, a um objeto retilíneo, conjuga uma imagem também retilínea. Se o sistema óptico não tiver essa qualidade, apresentará o defeito chamado distorção.

Um sistema óptico é dito aplanético quando, a um objeto plano, conjuga uma imagem também plana. Caso não aja desta forma, tal espelho possui o defeito chamado curvatura de campo.

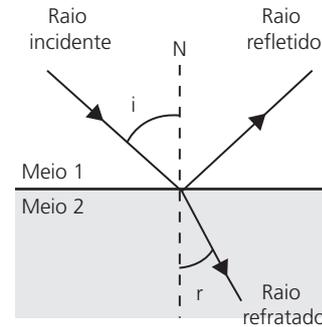
**Observação:**

Um sistema aplanético pode não ser ortoscópico. Com efeito, pode ocorrer uma distorção lateral no sistema sem que a imagem deixe de ser plana.

Tais defeitos são chamados comumente de aberrações esféricas. Essas aberrações acontecem com luz monocromática. Para a luz policromática, pode acontecer aberrações cromáticas (estudaremos em refração).

### Fenômenos de óptica geométrica

Ao incidir um raio de luz sobre uma superfície, podemos perceber dois fenômenos: refração e reflexão.

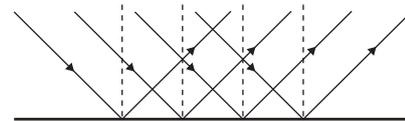


Observe bem que quando o raio incidente “bate” na superfície, parte dele retorna para o mesmo meio (reflexão) e o restante passa para o outro meio (refração). Na realidade, os dois fenômenos acontecem juntos de tal maneira que a energia ainda seja conservada. Quando a luz atravessa um meio material, ela é gradativamente absorvida. Veja o fundo do mar, por exemplo: a partir de 300 metros, reina a escuridão.

#### Tipos de reflexão

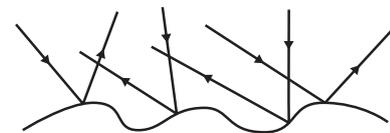
##### 1. Reflexão normal ou especular

É apresentada por superfícies refletoras polidas, a luz é refletida com direção definida de propagação, podendo ocorrer formação de imagem.



##### 2. Reflexão difusa, irregular ou, simplesmente, difusão

É apresentada por superfícies refletoras irregulares, em que a luz é refletida sem direção definida de propagação. Sua importância é grande, pois é a responsável pelas imagens obtidas na visão.



#### Tipos de refração

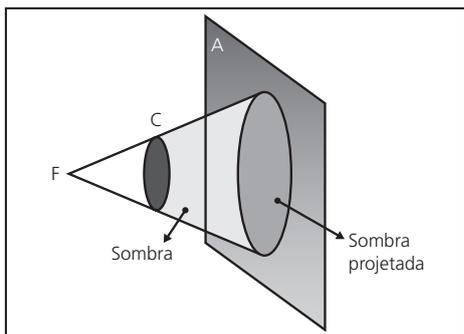
Da mesma maneira. Se existir um paralelismo entre os raios refratados, teremos uma refração regular ou normal. Quando os raios refratados perdem o paralelismo, a refração é dita difusa.

### Princípios da propagação retilínea da luz

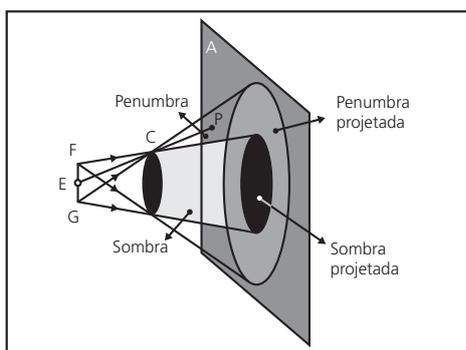
Em meios homogêneos e transparentes, a luz se propaga em linha reta.

### Sombra e penumbra

Quando uma fonte luminosa é pontual e seus raios incidem sobre um objeto opaco, existe uma região a qual os raios não conseguem alcançar. Nomeamos esta região de sombra (ou cone de sombra). Chamamos de sombra projetada a região da sombra projetada sobre um anteparo.

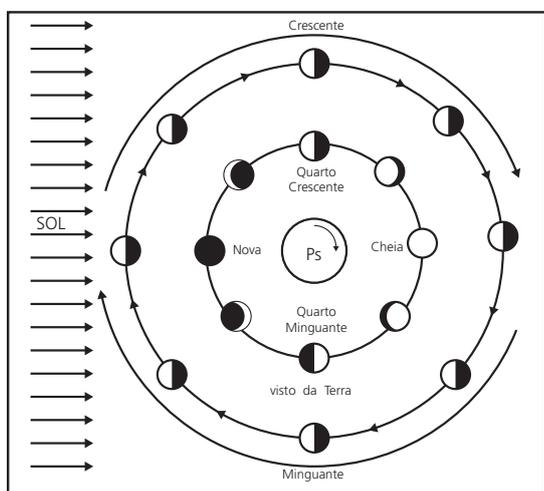


Quando a fonte é extensa, existe outra região além da sombra. A região que é parcialmente iluminada é chamada de penumbra (ou cone de penumbra).



## ECLIPSE SOLAR, LUNAR E FASES DA LUA

A face iluminada da Lua é aquela que está voltada para o Sol. A fase da lua representa o quanto dessa face iluminada pelo Sol está voltada também para a Terra. Durante metade do ciclo essa porção está aumentando (lua crescente) e durante a outra metade ela está diminuindo (lua minguante). Tradicionalmente apenas as quatro fases mais características do ciclo – Lua Nova, Quarto-Crescente, Lua Cheia e Quarto-Minguante – recebem nomes, mas a porção que vemos iluminada da Lua, que é a sua fase, varia de dia para dia. Por essa razão os astrônomos definem a fase da Lua em termos de número de dias decorridos desde a Lua Nova (de 0 a 29,5) e em termos de fração iluminada da face visível (0% a 100%). Recapitulando, fase da lua representa o quanto da face iluminada pelo Sol está na direção da Terra.



## Princípio da reversibilidade da luz

A trajetória seguida pela luz não depende do seu sentido de percurso.

Melhor dizendo, se a luz faz um determinado percurso, é plenamente capaz de fazer o mesmo percurso em sentido inverso.

Se você olha para um espelho e enxerga os olhos de uma pessoa, é porque a luz partiu dos olhos deste indivíduo e chegou aos seus. Como a luz não possui sentido preferencial, ela também sai dos seus olhos e encontra os olhos da pessoa.

## Princípio da independência dos raios luminosos

Cada raio de luz se propaga em um meio, independentemente de qualquer outro.

Significa que, mesmo havendo cruzamento entre raios de luz, cada um segue seu caminho como se nada tivesse ocorrido.



## Aplicações:

- Câmara escura de orifício



O dispositivo é basicamente uma caixa escura com um furo muito pequeno no centro. Os raios partem do objeto e passam pelo orifício, chegando ao anteparo (parede da caixa). O processo é simples. A figura já ilustra o necessário. Utilizando apenas semelhança de triângulo, podemos calcular o tamanho da imagem projetada no anteparo. É importante observar que a imagem sempre é invertida. Esse processo acontece também nos nossos olhos e nas câmeras fotográficas.

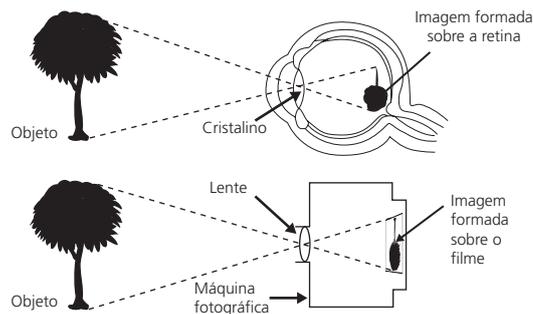
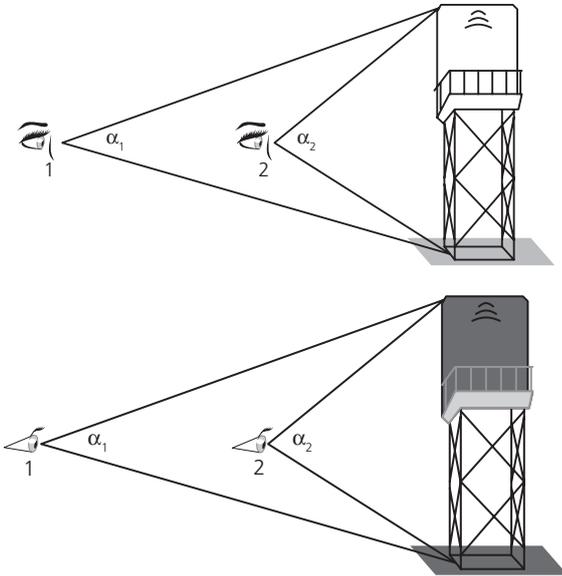


Diagrama mostrando a formação de imagens no olho e na máquina fotográfica.

• Ângulo visual

Em poucas palavras, podemos dizer que é o ângulo formado pela projeção espacial de linhas, que vão desde o olho até as bordas do objeto focalizado.

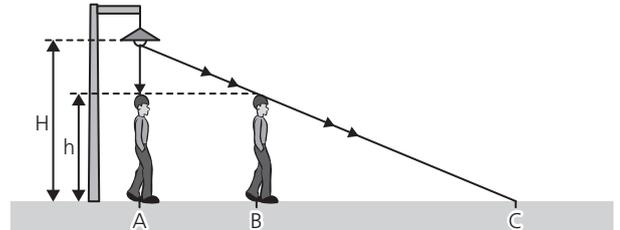
Quando um objeto está longe, o ângulo visual que observamos é pequeno (por isso temos a sensação de que o objeto é pequeno).



## Exercícios

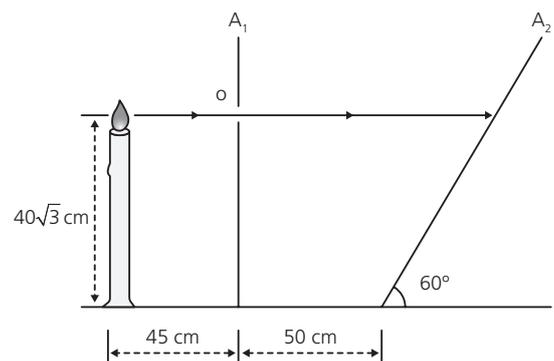
- (Fuvest) Admita que o Sol subitamente "morresse", ou seja, sua luz deixasse de ser emitida. Vinte e quatro horas após esse evento, um eventual sobrevivente, olhando para o céu sem nuvens, veria
  - a Lua e estrelas.
  - somente a Lua.
  - somente estrelas.
  - uma completa escuridão.
  - somente os planetas do Sistema Solar.
- (ITA) Dos objetos citados a seguir, assinale aquele que seria visível em uma sala perfeitamente escura.
  - Um espelho.
  - Qualquer superfície de cor clara.
  - Um fio aquecido ao rubro.
  - Uma lâmpada desligada.
  - Um gato preto.
- Na Lua não existe atmosfera. Quando a luz do Sol incide no nosso satélite, qual das sete cores possui maior velocidade nas proximidades da Lua?
- O mundo não seria tão alegre se a luz solar não fosse constituída de diversas cores. Com relação à luz e às cores, considere as afirmações:
  - A luz solar pode ser decomposta nas cores: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta, como fez Isaac Newton cerca de 350 anos atrás;
  - Sob a luz do Sol, uma blusa é vista como verde, porque ela absorve o verde, refletindo todas as outras cores que compõem a luz solar;
  - Uma blusa que, à luz solar, é vista como amarela, quando iluminada com luz azul será vista como uma blusa escura.
  - As afirmações I e II são corretas.
  - Apenas a afirmação I é correta.
  - As afirmações I e III são corretas.
  - Todas as afirmações são corretas.
  - Nenhuma das afirmações é correta.

- Um poste de 2 m de altura forma uma sombra de 50 cm sobre o solo. Ao mesmo tempo, um edifício forma uma sombra de 15 m. Determinar a altura do edifício.
- Na situação esquematizada a seguir, um homem de altura  $h$ , em movimento para a direita, passa pelo ponto A, da vertical baixada de uma lâmpada fixa em um poste a uma altura  $H$  em relação ao solo, e dirige-se para o ponto B.



Sabendo que, enquanto o homem se desloca de A até B com velocidade média de intensidade  $V$ , a sombra de sua cabeça, projetada sobre o solo horizontal, desloca-se de A para C com velocidade média de intensidade  $V'$ . Calcule  $V'$  em função de  $h$ ,  $H$  e  $V$ .

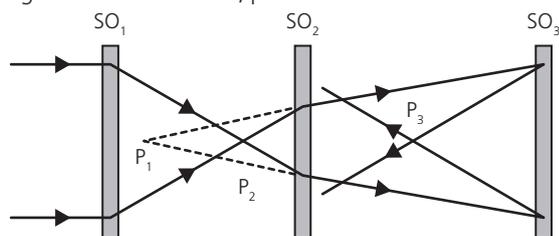
- Uma pessoa deitada, tendo os olhos junto ao solo, observa um poste de baixo até em cima sob um ângulo visual de  $60^\circ$ . Afastando-se 2,0 m do poste, aquela passa a vê-lo sob ângulo de  $45^\circ$ . Podemos afirmar que a altura do poste vale:
  - $H = (\sqrt{3} + 3)m$
  - $H = (\sqrt{3} + 1)m$
  - $H = (\sqrt{3} - 1)m$
  - $H = (\sqrt{3} - 3)m$
  - $H = (\sqrt{3})m$
- Iluminando uma bandeira do Brasil dentro de um quarto escuro, com luz de cor verde, podemos afirmar que
  - veremos verde e amarelo.
  - observaremos branco e verde.
  - só conseguimos enxergar verde e preto.
  - vemos a bandeira com as quatro cores.
  - enxergaremos azul e amarelo, que são as cores que formam o verde (pigmentado).
- Uma vela acesa, de comprimento inicial  $40\sqrt{3}$  cm, está a 45 cm de um anteparo opaco  $A_1$ , dotado de um pequeno orifício O, situado no mesmo nível da posição inicial da chama pontual da vela. O experimento é realizado no interior de um laboratório escurecido, de modo que um estreito feixe luminoso, proveniente da vela, atravessa O, indo incidir em outro anteparo  $A_2$ , inclinado de  $60^\circ$  em relação à horizontal e apoiado a 50 cm de  $A_1$ , conforme ilustra a figura a seguir.



Tendo-se verificado que, decorridas 2,0 h da situação inicial, o comprimento da vela reduziu-se de  $15\sqrt{3}$  cm, pode-se afirmar que a velocidade escalar média com que o feixe luminoso projetado em  $A_2$  percorreu esse anteparo foi, em cm/min, igual a:

- A) 0,25
- B) 0,50
- C) 0,75
- D) 1,00
- E) 1,50

10. O esquema representa um conjunto de três sistemas ópticos  $SO_1$ ,  $SO_2$  e  $SO_3$ . Raios luminosos, originários de um ponto impróprio à esquerda de  $SO_1$ , incidem no conjunto a partir de  $SO_1$ . Analisando a propagação desses raios luminosos no conjunto e os pontos  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ , que correspondem às intersecções, ou dos raios luminosos ou de prolongamentos destes raios, podemos afirmar corretamente que:



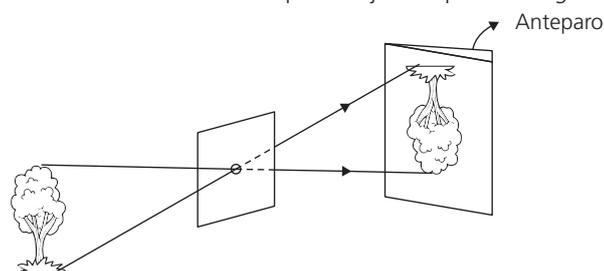
- A)  $P_2$  é imagem virtual para  $SO_1$ .
- B)  $P_1$  é objeto real para  $SO_3$ .
- C)  $P_3$  é imagem virtual para  $SO_3$ .
- D)  $P_1$  é imagem virtual para  $SO_1$ .
- E)  $P_2$  é objeto real para  $SO_3$ .

11. Quando se dá eclipse parcial do Sol, o observador se encontra
- A) na sombra.
  - B) na penumbra.
  - C) na sombra própria da Lua.
  - D) na região plenamente iluminada.
  - E) n.d.a.

12. Um cidadão, através do vidro do ônibus, vê o movimento da rua e a passageira do banco da frente. Na superfície do vidro está ocorrendo
- A) dupla refração.
  - B) interferência.
  - C) somente reflexão.
  - D) somente refração.
  - E) reflexão e refração, simultaneamente.

13. Sistema estigmático é aquele que
- A) não reflete a luz.
  - B) não refrata a luz.
  - C) difunde a luz.
  - D) de um ponto objeto dá um ponto imagem.
  - E) de um ponto objeto dá uma imagem plana.

14. Quando a luz passa por um pequeno orifício, a imagem é formada de forma invertida no anteparo. Veja o esquema a seguir.



Neste caso, a altura da imagem é 5 cm e o anteparo é localizado a 15 cm do orifício. Se a altura da árvore vale 20 m, determine

- A) a distância da árvore ao orifício;
- B) como a imagem é afetada quando o anteparo se move, distanciando-se do orifício;
- C) o que ocorreria se o orifício fosse grande, ou seja, não pontual.

15. Um homem, de altura 1,8 m, está parado em frente a uma parede. O Sol se encontra atrás dele e sua sombra tem comprimento de 1,5 m sobre o chão e 0,75 m sobre a parede. Encontre o comprimento da sombra se retirássemos a parede.

## Gabarito

01	02	03	04	05
C	C	-	C	-
06	07	08	09	10
-	A	C	C	B
11	12	13	14	15
B	E	D	-	-

- Demonstração.