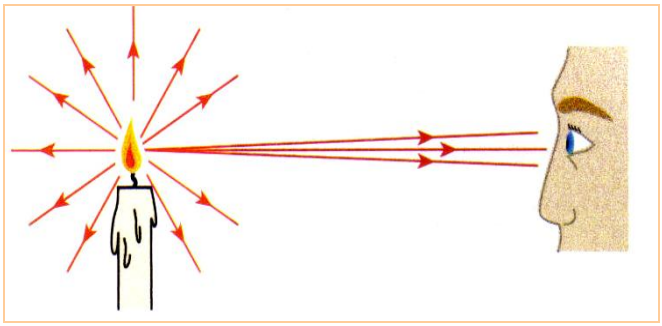
MÓDULO 1

I - ÓPTICA GEOMÉTRICA

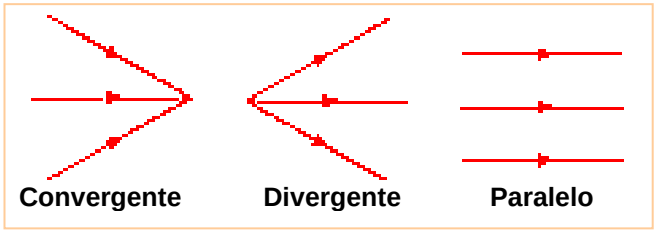
1- INTRODUÇÃO

1.1- Luz: agente físico capaz de sensibilizar nossos órgãos visuais. A luz se propaga através de ondas eletromagnéticas semelhantes às ondas de radiocomunicação.



1.2- Raio de luz: linha orientada que representa, graficamente, a direção e o sentido de propagação da luz.

1.3- Feixe de luz: conjunto de raios de luz.



1.4- Fonte de Luz: todo corpo capaz de emitir luz.

a- Fonte Primária: emite luz própria (corpos luminosos).

- Incandescente – quando emite luz a alta temperatura. Exemplo: lâmpada incandescente, a temperatura do filamento chega a cerca de 2 500 ^{0}C.

- Luminescente – quando emite luz a temperatura relativamente baixa. Exemplo: vaga-lume, lâmpadas fluorescentes, objetos fosforescentes (como interruptor de luz, mostrado de alguns relógios etc.).

b- Fonte Secundária: emite luz que recebe de outro corpo (corpos iluminados).

1.5- Tipos de meios ópticos:

***a- Meio Homogêneo*:** É aquele apresenta as mesmas propriedades físicas em toda a sua extensão.

***b- Meio Isótropo*:** É aquele no qual a luz se propaga com a mesma velocidade em todas as direções e sentidos.

1.6- Meios de propagação da luz

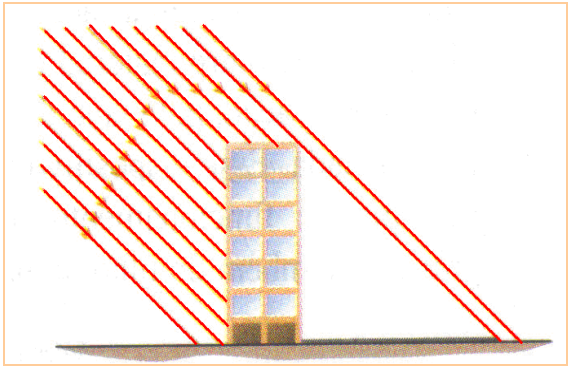
a- *Meio Transparente*: permite a propagação da luz através de si, segundo trajetórias regulares, permitindo a visão nítida dos objetos (vidro comum, ar).

b- *Meio Translúcido*: permite a propagação da luz através de si, segundo trajetória irregular, não permitindo a visão nítida dos objetos (vidro fosco, papel de seda).

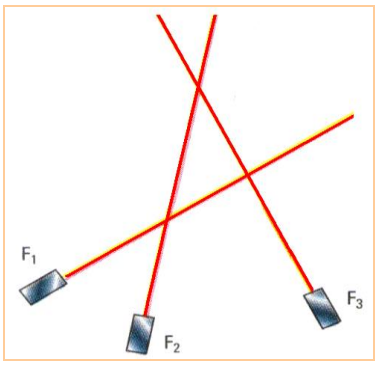
c- *Meio Opaco*: Não permite a propagação da luz através de si (madeira e parede de tijolos).

1.7- Princípios da Óptica Geométrica

a- *Princípio da Propagação Retilínea*: "Nos meios homogêneos e transparentes a luz se propaga em linha reta".

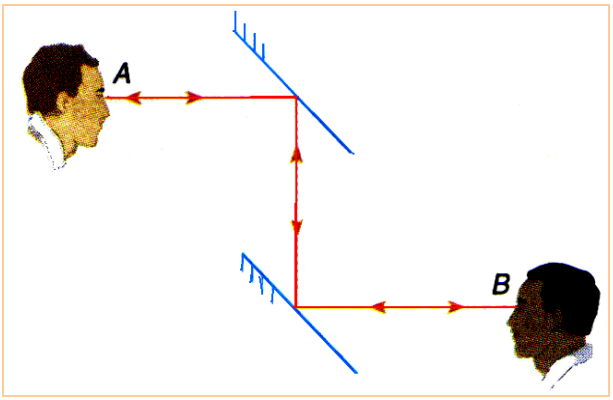


b- *Princípio da Independência dos Raios de Luz*: "Quando os raios de luz se cruzam, cada um deles continua seu trajeto como se os demais não existissem".



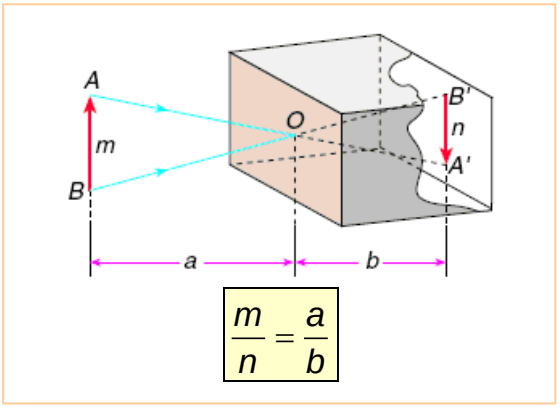
c- *Princípio da Reversibilidade dos Raios de Luz*: "A trajetória descrita por um raio de luz não depende do sentido de propagação".

Trocando a posição da fonte e do observador, o trajeto do raio é exatamente o mesmo.



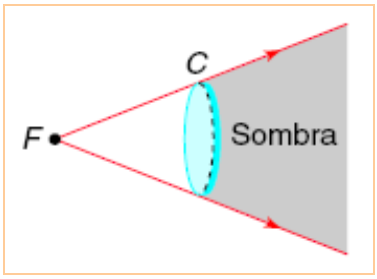
1.8- Aplicações da propagação retilínea da Luz

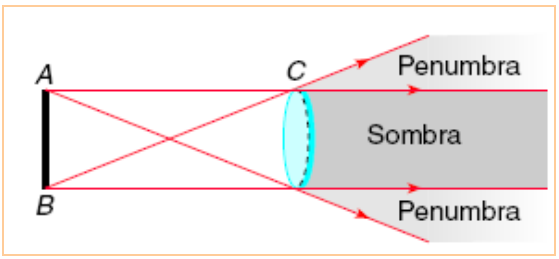
a- *Câmara Escura de Orifício*



b- *Sombra e Penumbra*

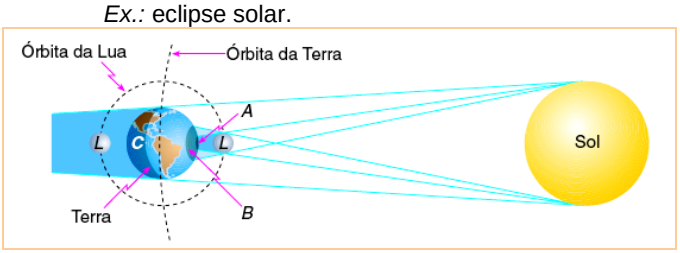
Em óptica, a palavra sombra significa uma região não-iluminada. Ela pode ser produzida pela colocação de um objeto opaco entre a fonte e o anteparo; chama-se de penumbra uma região parcialmente iluminada**.**





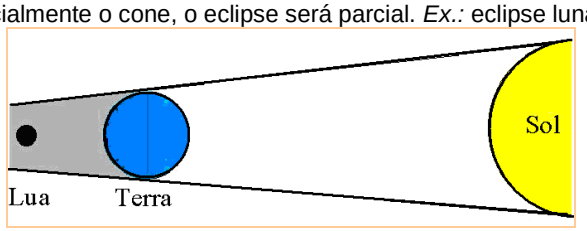
F: fonte puntiforme AB: fonte extensa.
C: corpo opaco.

O eclipse do Sol ocorre quando o cone de sombra e o de penumbra da Lua interceptam a superfície da Terra.
Ex.: eclipse solar.



A: eclipse total do Sol
B: eclipse parcial do Sol
C: eclipse total da Lua

O eclipse da Lua ocorre quando ela está totalmente imersa no cone de sombra da Terra, se a Lua interceptar parcialmente o cone, o eclipse será parcial. *Ex.:* eclipse lunar.



1.9- Luz monocromática e Luz policromática

a- *Luz Monocromática*: constituída de uma única cor, como por exemplo a luz monocromática amarela emitida pelo vapor de sódio, nas lâmpadas.

b- *Luz policromática*: constituída de duas ou mais cores, como por exemplo a luz branca do Sol.

A luz do sol (ou das lâmpadas comuns) é chamada de **luz branca**, pois ao incidir sobre uma das faces de um prisma de vidro, decompõe-se em sete cores fundamentais: vermelha, alaranjada, amarela, verde, azul, anil e violeta.

1.10- Cor de um Corpo

A cor apresentada por um corpo, ao ser iluminado, depende do tipo de luz que ele reflete difusamente.

Um observador vê um corpo com uma determinada cor, da seguinte forma: se a luz incidente em um corpo é branca e o corpo absorve uma gama de cores, refletindo difusamente apenas o azul, o corpo é de cor azul.

Então, o corpo branco é aquele que reflete difusamente todas as cores e o corpo negro é aquele que absorve todas as cores, não refletindo difusamente nenhuma cor.

Se, por exemplo, um corpo reflete apenas a luz azul for iluminado com uma luz monocromática amarela, ele será visto na cor preta, pois a luz será absorvida.

EXERCÍCIOS DE AULA

1. Analise as afirmativas abaixo:
III - Um corpo pode ser considerado como fonte de luz primária ou secundária, dependendo de seu estado, no instante considerado.
III - Uma lâmpada acesa observada de uma grande distância pode ser considerada fonte de luz pontual e primária.
III - A trajetória seguida pela luz independe de seu sentido de propagação.
Podemos afirmar que
a) I e II estão corretas.
b) II e III estão corretas.
c) I e III estão corretas.
d) I, II e III estão corretas.
e) somente uma das afirmativas está correta.

2. (UEL) Considere as seguintes afirmativas:
III - A água pura é um meio translúcido.
III - O vidro fosco é um meio opaco.
III - O ar é um meio transparente.
Sobre as afirmativas acima, assinale a alternativa correta.
a) Apenas a afirmativa I é verdadeira.
b) Apenas a afirmativa II é verdadeira.
c) Apenas a afirmativa III é verdadeira.
d) Apenas as afirmativas I e a III são verdadeiras.
e) Apenas as afirmativas II e a III são verdadeiras.

3. (Enem) A sombra de uma Pessoa que tem 1,80m de altura mede 60cm. No mesmo momento, a seu lado, a sombra projetada de um poste mede 2,0m. Se, mais tarde, a sombra do poste diminui 50cm, a sombra da pessoa passou a medir:
a) 30 cm
b) 45 cm
c) 50 cm
d) 80 cm
e) 90 cm

4. (UFES) A luz proveniente da explosão de uma estrela percorre 4,6 anos-luz para chegar à Terra, quando, então, é observada em um telescópio. Pode-se afirmar que:
a) a estrela estava a 365 mil quilômetros da Terra.
b) a estrela estava a 13,8 milhões de quilômetros da Terra.
c) a estrela estava a 4,6 bilhões de quilômetros da Terra.
d) a estrela tinha 4,6 milhões de anos quando a explosão ocorreu.
e) a explosão ocorreu 4,6 anos antes da observação.

5. (UFMG) Um laboratório fotográfico usa luz monocromática vermelha para revelação e cópia de filmes. Um objeto que, sob luz branca, se apresenta na cor verde pura, dentro desse laboratório, será visto na cor:
a) branca
b) preta
c) vermelha
d) verde
e) violeta

6. Num dia sem nuvens, ao meio dia, a sombra projetada no chão por uma esfera de 1,0 cm de diâmetro é bem nítida, se ela estiver a 10 cm do chão. Entretanto, se a esfera estiver a 200 cm do chão, sua sombra é muito pouco nítida. Pode-se afirmar que a principal causa do efeito observado é:
a) o Sol é uma fonte extensa de luz.
b) o índice de refração do ar depende da temperatura.
c) a luz é um fenômeno ondulatório.
d) a luz do Sol contém diferentes cores.
e) a difusão da luz no ar "borra" a sombra

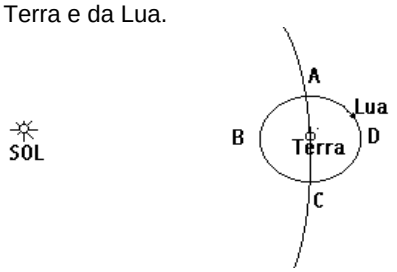
7. (CEFETRS) As aparições diferentes da Lua, com suas fases diversas, fascinam a todos. Há quem diga que ela influi sobre os organismos vivos, seja no crescimento do cabelo, no humor das pessoas, na gestação e no parto. O astro leva em torno de 28 dias para cruzar o céu e passar pelas quatro fases, as quais são vistas na seguinte ordem
a) nova, minguante, crescente, cheia.
b) nova, crescente, minguante, cheia.
c) nova, crescente, cheia, minguante.
d) nova, cheia, crescente, minguante.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (U.C.BA) Duas fontes de luz emitem feixes que se interceptam. Durante o cruzamento dos feixes há:
a) reflexão do feixe menos intenso.
b) reflexão do feixe mais intenso.
c) refração do feixe menos intenso.
d) refração do feixe mais intenso.
e) propagação retilínea dos dois feixes.

2. (U.C.PE) O efeito das fases da Lua pode ser atribuído essencialmente à:
a) reflexão da luz do Sol na Lua.
b) refração da luz do Sol na Lua.
c) reflexão da luz do Sol na Terra.
d) refração da luz do Sol na Terra.
e) Sombra da Terra sobre a Lua.

3. (PUC) A figura representa o Sol e, aproximadamente, as trajetórias da Terra e da Lua.



Em relação às posições A, B, C e D da figura, é correto afirmar que:
a) D é a posição mais próxima da Lua nova.
b) B é a posição mais próxima da Lua cheia.
c) em A e C podem ocorrer eclipses lunares.
d) um eclipse solar, quando ocorre, é em torno da posição B.
e) a fase da Lua é crescente em B e minguante em D.

4. (ACAFE) A blusa de uma moça é branca com listras azuis quando exposta à luz solar. À noite, numa boate iluminada apenas com luz vermelha, esta blusa é vista:
a) preta com listras azuis.
b) azul com listras brancas.
c) vermelha com listras brancas.
d) vermelha com listras pretas.
e) branca com listras vermelhas.

5. (UFGO) Uma bandeira brasileira, tingida com pigmentos puros e iluminada com luz monocromática amarela, é vista na(s) cor (es):
a) totalmente amarela
b) verde e amarela
c) azul e branca
d) preta e branca
e) amarela e preta

6. (UFGO) Dadas as seguintes afirmações:

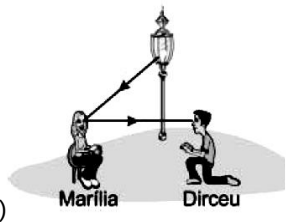
I - A luz se propaga em linha reta num meio homogêneo, transparentes e isótropos.

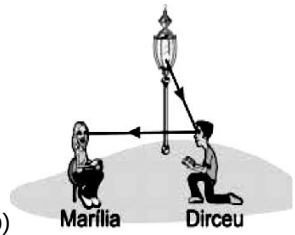
II - Dois feixes luminosos ao se cruzarem apresentam mudanças em suas direções de propagação.

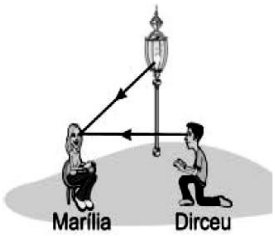
III - A velocidade da luz tem um mesmo valor, independente do meio em que se propaga.

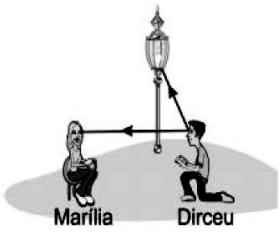
Podemos dizer que:
a) I e II são corretas
b) I e III são corretas
c) II e III são corretas
d) somente I é correta
e) somente III é correta

7. (UFMG) Marília e Dirceu estão em uma praça iluminada por uma única lâmpada. Assinale a alternativa em que estão **CORRETAMENTE** representados os feixes de luz que permitem a Dirceu ver Marília.

a)


b)


c)


d)


8. (FGV) Numa manhã de sol, um rapaz de 1,6 m de altura percebe que está projetando uma sombra de 2,4 m de comprimento. No mesmo instante, um prédio projeta uma sombra de 45 m. Com estes dados na mão, o rapaz calcula a altura do prédio que é:
a) 67,5 m
b) 40,0 m
c) 35,4 m
d) 30,0 m
e) 28,4 m

9. (UEL) Uma fonte luminosa projeta luz sobre as paredes de uma sala; um pilar **i**ntercepta parte desta luz. A penumbra que se observa é devido
a) ao fato de não ser pontual a fonte luminosa.
b) ao fato de não se propagar a luz rigorosamente em linha reta.
c) aos fenômenos de interferência da luz depois de tangenciar os bordos do pilar.
d) aos fenômenos de difração.
e) à incapacidade do globo ocular em concorrer para uma diferenciação eficiente entre luz e penumbra.

10. (ACAFE) É melhor vestir uma roupa na cor _____ quando caminhar ao longo de uma estrada, à noite, para ter mais segurança, porque ela _____ melhor a luz dos veículos.

A alternativa **VERDADEIRA** que completa o enunciado acima, em seqüência, é:
a) preta - absorve

b) branca - absorve
c) branca - reflete
d) preta - reflete
e) neutra - neutraliza

11. (Unisinos) A fase da Lua na qual é possível ocorrer um eclipse solar é:

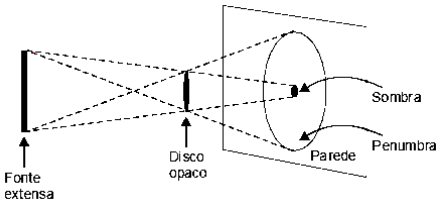
a) nova
b) quarto minguante
c) quarto crescente
d) cheia
e) qualquer

12. (PUCSP) O motorista de um carro olha o espelho retrovisor e vê o passageiro do banco traseiro. Se o passageiro olhar para o mesmo espelho verá o motorista. Este fato se explica pelo
a) princípio da independência dos raios luminosos.
b) fenômeno da refração que ocorre na superfície do espelho.
c) fenômeno da absorção que ocorre na superfície do espelho.
d) princípio da propagação retilínea dos raios luminosos.
e) princípio da reversibilidade dos raios luminosos.

13. Considere as proposições:
III - Um meio perfeitamente homogêneo e transparente é invisível para um observador no seu interior.
III - Um observador cujo globo ocular não intercepta um estreito pincel de luz que se propaga no vácuo não vê o pincel.
III - A água do mar, considerada em grandes quantidades, é um meio homogêneo e transparente.
Responda mediante o código.
a) Se todas forem corretas.
b) Se todas forem erradas.
c) Se somente I for correta.
d) Se somente I e II forem corretas.
e) Se somente III for correta.

14. (UEL) Uma câmara escura de orifício tem 20 cm de comprimento e o anteparo onde se projeta a imagem tem 15 cm de altura. A distância mínima dessa câmara a uma árvore de 9 m de altura para que ela apareça por inteiro no anteparo é de
a) 6 m
b) 9 m
c) 12 m
d) 15 m
e) 18 m

15. (UFC) Uma fonte extensa de 20 cm é colocada paralelamente a uma parede vertical e à distância de 3,0 m. Entre a fonte e a parede, a 1,0 m da fonte, é colocado um disco opaco de 15 cm de diâmetro, como mostra a figura a seguir.



Os diâmetros da sombra e da penumbra projetadas na parede, em cm, valem, respectivamente,
a) 5,0 e 75
b) 5,0 e 80
c) 5,0 e 85
d) 10 e 85
e) 10 e 90

16. (FURG) Na manhã do dia 3 de novembro de 1994, uma grande sombra em forma de círculo, com 200 km de diâmetro, cobriu uma parte da região sul do Brasil. Em torno desse círculo de sombra, formou-se um gigantesco anel de penumbra, estendendo-se até o norte do país. A formação dessas regiões de sombra e penumbra, que correspondem respectivamente aos eclipses total e parcial do sol, deve-se principalmente à
a) propagação retilínea da luz.
b) difração da luz do sol em torno da lua.
c) independência dos raios luminosos.
d) reflexão e refração da luz do sol.
e) interferência luminosa.

17. (FURG) Dos seguintes objetos, qual deles é visível em uma sala perfeitamente escura?
A) um gato preto.
B) um espelho.
C) uma lâmpada desligada.
D) qualquer superfície da cor clara.
E) um fio aquecido ao rubro.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (UFRRJ) "Nuvem negra"

A astúcia faz com que os polvos não percam tempo diante de um inimigo. Apesar de serem surdos, como todos os membros da família cefalópode, eles enxergam com impressionante nitidez. Seus olhos possuem 50.000 receptores de luz por milímetro quadrado, o que lhes dá uma visão melhor do que a humana.

Os adversários também são reconhecidos pelo olfato. As pontas dos oito tentáculos funcionam como narizes, com células especializadas em captar odores. Provavelmente, o bicho percebe pelo cheiro que o outro animal está liberando hormônios relacionados ao comportamento agressivo. Ou seja, pretende atacá-lo. Então lança uma tinta escura e viscosa para despistar o agressor. E escapa numa velocidade impressionante para um animal aquático.

(*SUPERINTERESSANTE*. Ano 10, n. 2. fevereiro 1996. p. 62.)

Esse procedimento usado pelos polvos tem por objetivo dificultar a visão de seus inimigos. No entanto esse recurso das cores pode ser usado também com a finalidade de comunicação. Para haver essa comunicação, é necessário, porém, que ocorra o fenômeno físico da:
a) refração da luz.
b) absorção da luz.
c) reflexão da luz.
d) indução da luz.
e) dispersão da luz.

2. (Unirio-RJ) Nas estradas que atravessam serras, é comum observarmos placas onde se diz: "Em dias de neblina, utilize farol baixo". Esta determinação é apresentada porque a luz emitida pelo farol:
a) alto refrata na neblina e por isso ofusca o motorista.
b) baixo não reflete na neblina e por isso não ofusca o motorista.
c) alto reflete na neblina e por isso ofusca o motorista.
d) baixo se dispersa na neblina e por isso não ofusca o motorista.
e) alto ou baixo não refrata na neblina e por isso não ofusca o motorista.

3. (Mackenzie) Sentados em uma sala iluminada, vemos os objetos de seu interior, por reflexão, no vidro plano de uma janela. Esse fato é observado principalmente à noite, porque ocorre:
a) aumento da luz externa refletida pelo vidro.
b) bloqueio da reflexão da luz externa.
c) diminuição da quantidade de luz refratada proveniente do exterior.
d) aumento da parcela da luz absorvida pelo vidro.
e) diminuição da luz difratada pelo vidro.

4. (PUC-Campinas) A velocidade da luz, no vácuo, vale aproximadamente $3{,}0 \cdot 10^8$ m/s. Para percorrer a distância entre a Lua e a Terra, que é de $3{,}9 \cdot 10^5$ km, a luz leva:

a) 11,7 s.
b) 8,2 s.
c) 4,5 s.
d) 1,3 s.
e) 0,77 s.

5. (PUC-Campinas) Andrômeda é uma galáxia distante $2{,}3 \cdot 10^6$ anos-luz da Via Láctea, a nossa galáxia. A luz proveniente de Andrômeda, viajando à velocidade de $3{,}0 \cdot 10^5$ km/s, percorre a distância aproximada até a Terra, em km, igual a:
a) $4 \cdot 10^{15}$.
b) $6 \cdot 10^{17}$.
c) $2 \cdot 10^{19}$.
d) $7 \cdot 10^{21}$.
e) $9 \cdot 10^{23}$.

6. (UCSAL) A chama de um lampião funciona como fonte luminosa puntiforme, estando situada a 2,4 m do solo plano e horizontal. Uma haste vertical de 0,80 m de altura é fixa no solo e situada a 2,0 m da reta vertical que passa pelo lampião. O comprimento da sombra da haste no solo é, em m, de
a) 1,0
b) 1,5
c) 2,0
d) 3,0
e) 4,0

7. (Unirio) Durante a final da Copa do Mundo, um cinegrafista, desejando alguns efeitos especiais, gravou cena em um estúdio completamente escuro, onde existia uma bandeira da "Azurra" (azul e branca) que foi iluminada por um feixe de luz amarela monocromática. Quando a cena foi exibida ao público, a bandeira apareceu:
a) verde e branca.
b) verde e amarela.
c) preta e branca.
d) preta e amarela.
e) azul e branca.

8. (UFV-MG) Em uma situação, ilustrada na figura 1, uma lâmpada e um observador têm, entre si, uma lâmina de vidro colorida. Em outra situação, ilustrada na figura 2, ambos, a lâmpada e o observador, encontram-se à frente de uma lâmina de plástico colorida, lisa e opaca. Mesmo sendo a lâmpada emissora de luz branca, em ambas as situações, o observador enxerga as lâminas como sendo de cor verde.

Figura 1

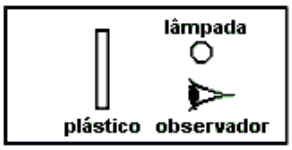
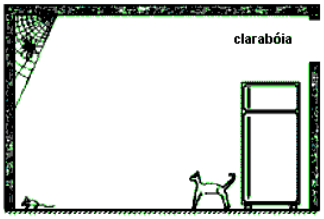


Figura 2

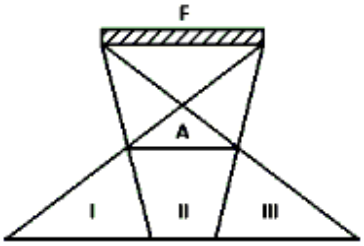
Pode-se, então, afirmar que, predominantemente:
a) o vidro reflete a luz de cor verde, absorvendo as outras cores, e o plástico transmite a luz de cor verde, absorvendo as outras cores.
b) o vidro absorve a luz de cor verde, transmitindo as outras cores, e o plástico absorve a luz de cor verde, refletindo as outras cores.
c) o vidro transmite a luz de cor verde, absorvendo as outras cores, e o plástico absorve a luz de cor verde, refletindo as outras cores.
d) o vidro transmite a luz de cor verde, absorvendo as outras cores, e o plástico reflete a luz de cor verde, absorvendo as outras cores.
e) o vidro absorve a luz de cor verde, transmitindo as outras cores, e o plástico reflete a luz de cor verde, absorvendo as outras cores.

9. (FGV-SP) O porão de uma antiga casa possui uma estreita clarabóia quadrada de 100 cm^2 de área, que permite a entrada da luz do exterior, refletida difusamente pelas construções que a cercam. Na ilustração, vemos uma aranha, um rato e um gato, que se encontram parados no mesmo plano vertical que intercepta o centro da geladeira e o centro da clarabóia. Sendo a clarabóia a fonte luminosa, pode-se dizer que, devido à interposição da geladeira, a aranha, o rato e o gato, nesta ordem, estão em regiões de:



a) luz, luz e penumbra.
b) penumbra, luz e penumbra.
c) sombra, penumbra e luz.
d) luz, penumbra e sombra.
e) penumbra, sombra e sombra.

10. (UFRRJ) Na figura a seguir, F é uma fonte de luz extensa e A um anteparo opaco.
Pode-se afirmar que I, II e III são, respectivamente, regiões de:



a) sombra, sombra e penumbra.
b) sombra, sombra e sombra.
c) penumbra, sombra e penumbra.
d) sombra, penumbra e sombra.
e) penumbra, penumbra e sombra.

11. (Fuvest) Num dia sem nuvens, ao meio-dia, a sombra projetada no chão por uma esfera de 1,0 cm de diâmetro é bem nítida se ela estiver a 10 cm do chão. Entretanto, se a esfera estiver a 200 cm do chão, sua sombra é muito pouco nítida. Pode-se afirmar que a principal causa do efeito observado é que:
a) o Sol é uma fonte extensa de luz.
b) o índice de refração do ar depende da temperatura.
c) a luz é um fenômeno ondulatório.
d) a luz do Sol contém diferentes cores.
e) a difusão da luz no ar "borra" a sombra.

12. (Fuvest) Em agosto de 1999, ocorreu o último eclipse solar total do século. Um estudante imaginou, então, uma forma de simular eclipses. Pensou em usar um balão esférico e opaco, de 40 m de diâmetro, que ocultaria o Sol quando seguro por uma corda a uma altura de 200 m. Faria as observações, protegendo devidamente sua vista, quando o centro do Sol e o centro do balão estivessem verticalmente colocados sobre ele, num dia de céu claro.

Considere as afirmações abaixo, em relação aos possíveis resultados dessa proposta, caso as observações fossem realmente feitas, sabendo-se que a distância da Terra ao Sol é de $150 \cdot 10^6$ km e que o Sol tem um diâmetro de $0{,}75 \cdot 10^6$ km, aproximadamente:

I. O balão ocultaria todo o Sol: o estudante não veria diretamente nenhuma parte do Sol.

II. O balão é pequeno demais: o estudante continuaria a ver diretamente partes do Sol.

III. O céu ficaria escuro para o estudante, como se fosse noite.
Está correto apenas o que se afirma em:
a) I.
b) II.
c) III.

d) I e III.
e) II e III.

13. (Mackenzie) Um estudante interessado em comparar a distância da Terra à Lua com a distância da Terra ao Sol, costumeiramente chamada unidade astronômica (uA), implementou uma experiência da qual pôde tirar algumas conclusões. Durante o dia, verificou que em uma das paredes de sua sala de estudos havia um pequeno orifício, pelo qual passava a luz do Sol, proporcionando na parede oposta a imagem do astro. Numa noite de lua cheia, observou que pelo mesmo orifício passava a luz proveniente da Lua e a imagem do satélite da Terra tinha praticamente o mesmo diâmetro da imagem do Sol. Como, por meio de outra experiência, ele havia concluído que o diâmetro do Sol é cerca de 400 vezes o diâmetro da Lua, a distância da Terra à Lua é de aproximadamente:
a) $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ Ua
b) $2{,}5 \cdot 10^{-3}$ uA
c) 0,25 uA
d) 2,5 uA
e) 400 uA

14. (UFSC) Leia com atenção os versos a seguir, de "Chão de Estrelas", a mais importante criação poética de Orestes Barbosa que, com Sílvio Caldas, compôs uma das mais belas obras da música popular brasileira:

A porta do barraco era sem trinco
Mas a Lua, furando o nosso zinco,Salpicava de estrelas nosso chão...
Tu pisavas nos astros distraída
Sem saber que a ventura desta vidaÉ a cabrocha, o luar e o violão...

O cenário imaginado, descrito poeticamente, indica que o barraco era coberto de folhas de zinco, apresentando furos e, assim, a luz da Lua atingia o chão do barraco, projetando pontos ou pequenas porções iluminadas - as "estrelas" que a Lua "salpicava" no chão.

Considerando o cenário descrito pelos versos, assinale as proposições corretas que apresentam explicações físicas possíveis para o fenômeno:

(01) a Lua poderia ser, ao mesmo tempo, fonte luminosa e objeto cuja imagem seria projetada no chão do barraco.

(02) o barraco, com o seu telhado de zinco furado, se estivesse na penumbra ou completamente no escuro, poderia comportar-se como uma câmara escura múltipla, e através de cada furo produzir-se-ia uma imagem da Lua no chão.

(04) a propagação retilínea da luz não explica as imagens luminosas no chão - porque elas somente ocorreriam em conseqüência da difração da luz.

(08) os furos da cobertura de zinco deveriam ser muito grandes, permitindo que a luz da Lua iluminasse todo o chão do barraco.

(16) quanto menor fosse a largura dos furos no telhado, maior seria a nitidez das imagens luminosas no chão do barraco.

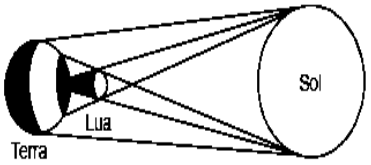
(32) Para que as imagens da Lua no chão fossem visíveis, o barraco deveria ser bem-iluminado - com lâmpadas, necessariamente.

Dê como resposta a soma dos números que precedem as proposições corretas.

15. (Unitau-SP) Dois raios de luz, que se propagam num meio homogêneo e transparente, se interceptam num certo ponto. A partir deste ponto, pode-se afirmar que:
a) os raios luminosos se cancelam.
b) mudam a direção de propagação.
c) continuam se propagando na mesma direção e sentido que antes.
d) se propagam em trajetórias curvas.
e) retornam em sentido opostos.

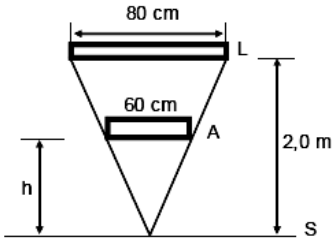
16. (UEFS) Uma fonte luminosa puntiforme está situada a 50 cm de um objeto opaco circular, cujo diâmetro é 5 cm. A projeção desse objeto sobre um anteparo disposto a 20 cm dele, apresentará um raio, em cm, igual a
a) 7,0
b) 5,6
c) 4,8
d) 3,5
e) 2,0

17. (UEL) Durante um eclipse solar, um observador



a) no cone de sombra, vê um eclipse parcial.
b) na região da penumbra, vê um eclipse total.
c) na região plenamente iluminada, vê a Lua eclipsada.
d) na região da sombra própria da Terra, vê somente a Lua.
e) na região plenamente iluminada, não vê o eclipse solar.

18. (UEL) A figura abaixo representa uma fonte extensa de luz L e um anteparo A dispostos paralelamente ao solo S.



O valor mínimo de **h**, em metros, para que sobre o solo não haja formação de sombra é
e) 2,00
b) 1,50
c) 0,80
d) 0,60
e) 0,30

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) E	2) A	3) D	4) D	5) E	
6) D	7) A	8) D	9) A	10) C	11) A
12) E	13) D	14) C	15) C	16) A	17) E

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

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

MÓDULO 2

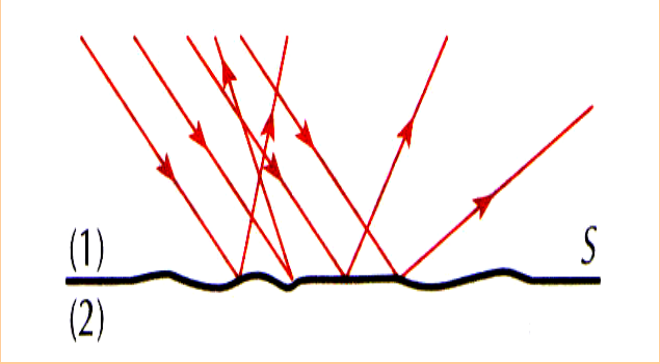
II - REFLEXÃO DA LUZ E ESPELHO PLANO

2.1- TIPOS DE REFLEXÃO

a) REFLEXÃO DIFUSA:

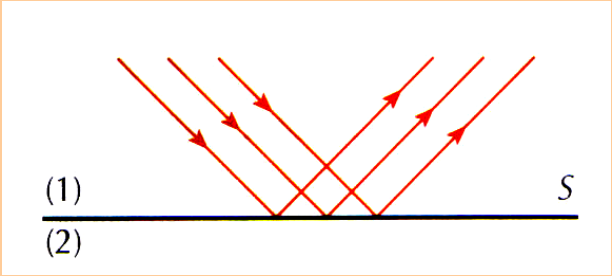
Quando vamos ao cinema assistir a um filme, podemos nos sentar na frente, atrás, em cadeiras laterais ou centrais, pois em qualquer desses lugares é possível ver a tela.

Isso acontece porque a luz emitida pelo projetor atinge a tela e é refletida para todas as direções, podendo ser vista por todos os espectadores. A reflexão produzida recebe o nome de ***reflexão difusa***, pois se efetua em todas as direções. Também são difusas as reflexões produzidas por paredes, pela pagina de um livro, enfim, por todos os corpos que não apresentam uma superfície polida como um espelho.

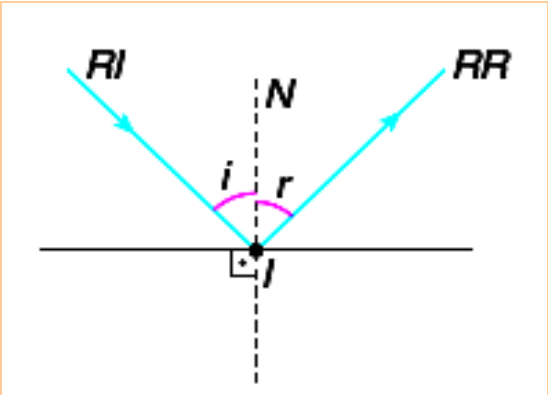


b) REFLEXÃO ESPECULAR (REGULAR):

A reflexão produzida por espelhos e metais polidos é chamada ***reflexão regular***, permitindo a formação de imagens. Na reflexão regular, se os raios incidentes forem paralelos, os raios refletidos também serão paralelos.



2.2- LEIS DA REFLEXÃO



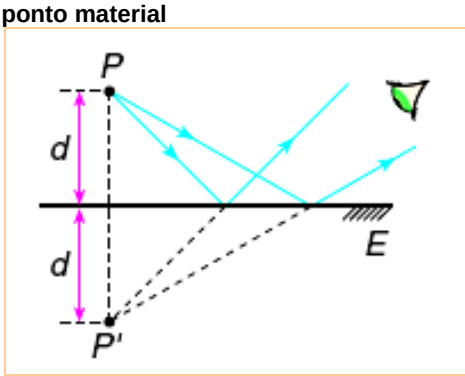
1ª Lei: "o raio incidente R, a normal N e o raio refletido R' são coplanares."

2ª Lei: "o ângulo de reflexão r é igual ao ângulo de incidência i."

2.3- ESPELHO PLANO

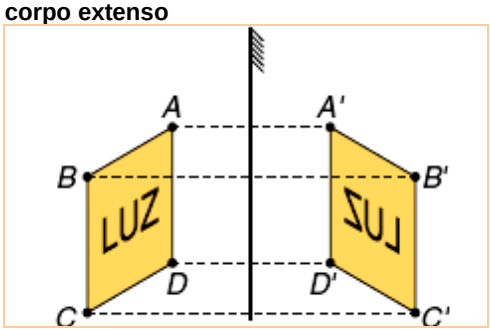
a) IMAGEM EM UM ESPELHO PLANO

- **de um ponto material**



O ponto objeto P e o ponto imagem P' são simétricos em relação à superfície refletora e têm naturezas opostas.

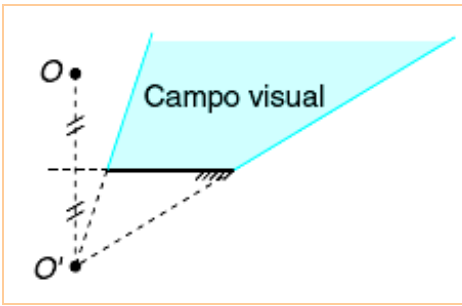
- **de um corpo extenso**



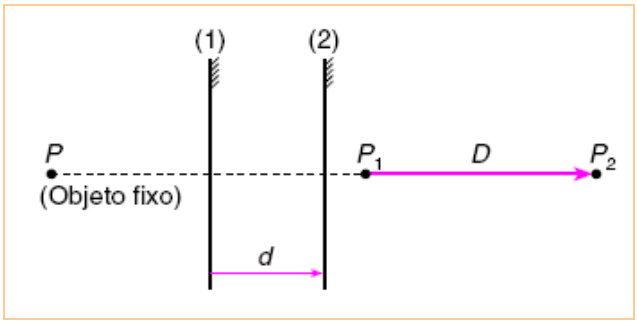
O espelho plano fornece, de um objeto real, imagem virtual, direita, mesmo tamanho e enantiomorfa.

b) CAMPO VISUAL DE UM ESPELHO PLANO A UM OBSERVADOR

É a região do espaço que o observador O vê por reflexão no espelho.



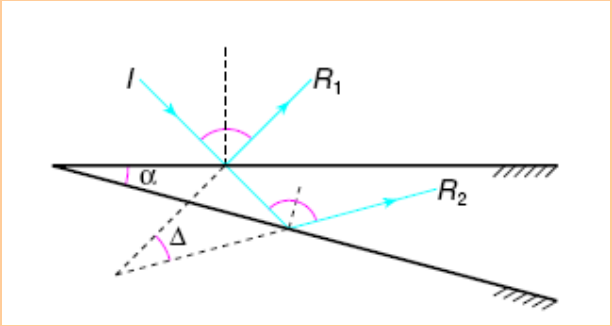
c) TRANSLAÇÃO DE UM ESPELHO PLANO



Quando um espelho plano se translada retilineamente de um distância d, a imagem de um objeto fixo se translada de 2d, no mesmo sentido.

Quando um espelho plano se translada retilineamente, com velocidade de módulo V, a imagem de um objeto fixo se translada com velocidade de módulo 2V.

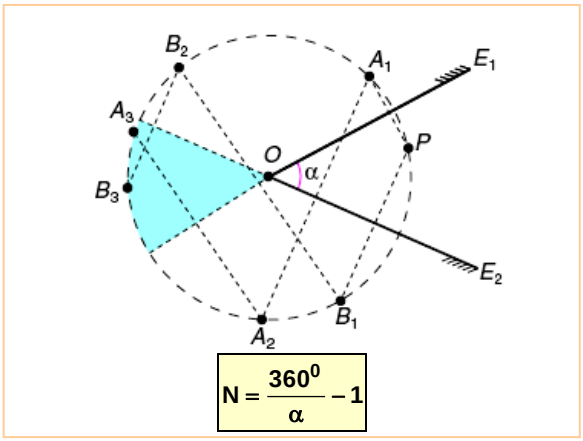
d) ROTAÇÃO DE UM ESPELHO PLANO



Quando um espelho plano gira em torno de um ângulo a, em torno de um eixo perpendicular ao plano de incidência da luz, o raio refletido de um mesmo raio incidente, girará de $\Delta = 2\alpha$.

e) NÚMERO DE IMAGENS DE UM OBJETO SITUADO ENTRE DOIS ESPELHOS PLANOS QUE FORMAM UM ÂNGULO α

É possível calcular o número N de imagens formadas pela fórmula:



Se $\frac{360^o}{\alpha}$ for par, a fórmula é aplicável para qualquer posição de P entre os espelhos E_1 e E_2.

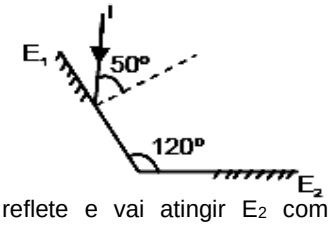
Se $\frac{360^o}{\alpha}$ for ímpar, a fórmula é aplicável para o objeto (P) situado no plano bissetor do diedro (a).

EXERCÍCIOS DE AULA

1. (UFES) Raios luminosos ao refletirem sobre uma superfície apresentam-se em reflexão difusa. Isto mostra que
a) a superfície refletora era perfeitamente polida.
b) a superfície refletora tinha formato côncavo.
c) a superfície refletora tinha formato convexo.
d) a superfície refletora absorvia parcialmente a luz incidente.
e) a superfície refletora era rugosa.

2. (UEL) Considere as seguintes afirmações:
I - Quando a luz incide na superfície de separação de dois meios transparentes ocorrem os fenômenos da reflexão, refração e absorção.
II - Os fenômenos de reflexão, refração e absorção nunca ocorrem simultaneamente.
III - Numa reflexão o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão somente se a superfície refletora for plana.
Destas afirmações, está(ão) correta(s) apenas
a) I
b) II
c) III
d) I e III
e) II e III

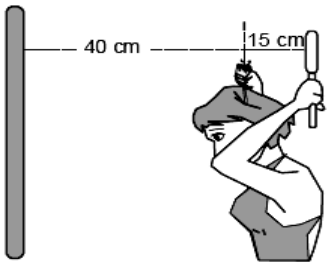
3. (UEL) A figura representa dois espelhos planos E_1 e E_2 dispostos verticalmente formando entre si um ângulo de 120º. Um raio de luz incide horizontalmente em E_1 com um ângulo de 50º.



Esse raio se reflete e vai atingir E_2 com um ângulo de incidência de
a) 20º
b) 30º
c) 45º
d) 60º
e) 70º

4. (UESC) A imagem de um objeto real vista por reflexão em um espelho plano é
a) real, eqüidistante do espelho e do mesmo tamanho do objeto.
b) virtual, eqüidistante do espelho e menor que o objeto.
c) virtual, eqüidistante do espelho e do mesmo tamanho do objeto.
d) real, mais próxima do espelho e maior que o objeto.
e) virtual, mais próxima do espelho e menor que o objeto.

5. (UERJ) Uma garota para observar seu penteado, coloca-se em frente a um espelho plano de parede, situado a 40 cm de uma flor presa na parte de trás dos seus cabelos.



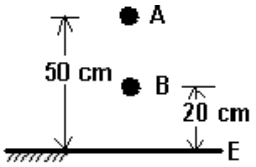
Buscando uma visão melhor do arranjo da flor no cabelo, ela segura, com uma das mãos, um pequeno espelho plano atrás da cabeça, a 15 cm da flor.
A menor distância entre a flor e sua imagem, vista pela garota no espelho de parede, está próxima de
a) 55 cm
b) 70 cm
c) 95 cm
d) 110 cm

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (FUVEST) A luz solar penetra numa sala através de uma janela de vidro transparente. Abrindo-se a janela, a intensidade da radiação solar no interior da sala:
a) permanece constante.
b) diminui, graças à convecção que a radiação solar provoca.
c) diminui, porque os raios solares são concentrados na sala pela janela de vidro.
d) aumenta, porque a luz solar não sofre mais difração.
e) aumenta, porque parte da luz solar não mais se reflete na janela.

2.(UEL) Um objeto está 3,0 m na frente de um espelho plano, paralelo a ele. A razão entre o tamanho do objeto e o da imagem conjugada pelo espelho vale:
a) 6
b) 3
c) 1
d) 1/3
e) 1/6

3. (PUC) Na figura, *E* é um espelho plano. A distância do ponto *A* à imagem do ponto *B*, fornecida pelo espelho, em centímetros, é de:



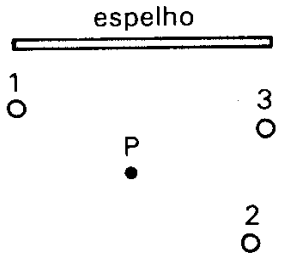
a) 20
b) 30
c) 50
d) 70
e) 100

4. (F. ZONA LESTE-SP) Quando um homem se aproxima diretamente para um espelho plano com velocidade de 2,4 m/s, ele:
a) se afasta de sua imagem com velocidade de 2,4 m/s.
b) se aproxima de sua imagem com velocidade de 2,4 m/s.
c) se aproxima de sua imagem com velocidade de 4,8 m/s.
d) mantém a velocidade de 1,2 m/s.
e) mantém uma distância constante de sua imagem.

5. (ACAFE) Uma menina encontra-se postada a 2,0 m à frente de um espelho plano. Se ela recuar 1,5 m de sua posição inicial, a nova distância entre a menina e a sua imagem valerá:
a) 1,0 m
b) 3,5 m
c) 4,0 m
d) 7,0 m
e) 9,0 m

6. (OMEC-SP) Um diretor de cinema deseja obter uma cena com 15 bailarinas espanholas. Para tanto, ele dispõem de 3 bailarinas e dois espelhos planos. Para a obtenção de tal cena, os espelhos planos devem ser dispostos formando entre si um ângulo igual a:
a) 60°
b) 90°
c) 75°
d) 72°
e) 45°

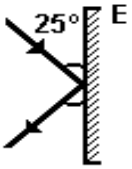
7. (UFRS) Um observador, localizado no ponto P da figura, está olhando para o espelho plano. Quais os objetos numerados que ele pode ver refletidos no espelho?



a) Apenas 1.
b) Apenas 1 e 2.
c) Apenas 1 e 3.
d) Apenas 2 e 3.
e) 1, 2 e 3.

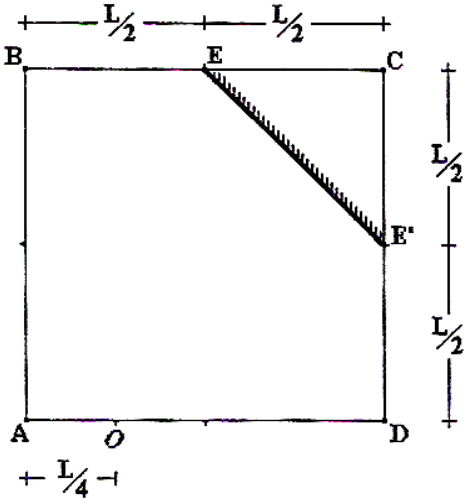
8. (PUC-MG) João e Mário têm ambos 1,60 m de altura. Encontra-se diante de um espelho plano. João está a 1,0 m de distância do espelho e Mário, a 4,0 m. O tamanho M da imagem de Mário, comparado com o tamanho J da imagem de João, é:
a) M é quatro vezes J.
b) M é duas vezes J.
c) M é igual a J.
d) M é um meio de J.
e) M é um quarto de J

9. (UFPI) A figura abaixo representa um raio de luz que incide no espelho plano *E* e por ele é refletido. Os ângulos de incidência e reflexão desse raio de luz são, respectivamente:



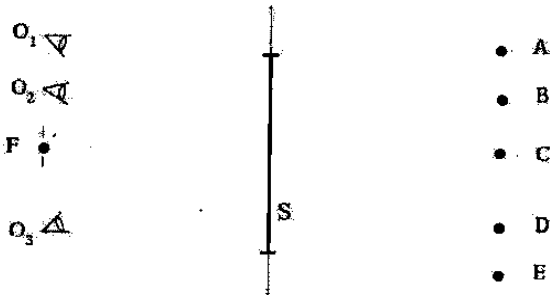
a) 25º e 25º
b) 25º e 65º
c) 65º e 65º
d) 65º e 25º
e) 90º e 90º

10. (FURG) A figura mostra urna saia quadrada ABCD de lado L. Nela, podemos observar, também, um espelho plano EE', colocado no canto BCD, de modo a encobrir o canto C. Para um observador colocado em *O,* mostrado na figura, é possível enxergar as imagens do(s) canto(s):



a) A.
b) B.
c) D.
d) A e B.
e) A e D.

11. (UFRS) A figura abaixo representa um espelho plano S, colocado perpendicularmente ao plano da página. Também estão representados os observadores O_1, O_2 e O_3, que olham no espelho a imagem da fonte de luz F.



As posições em que cada um desses observadores vê a imagem da fonte F são, respectivamente,
a) A, B e D.
b) B, B e D.
c) C, C e C.
d) D, D e B.
e) E, D e A.

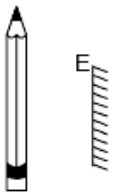
12. (CESGRANRIO) Um experiente cientista apóia a ponta de um lápis sobre um espelho plano e avalia que a imagem refletida da ponta do lápis dista 8 mm desta. Com base nessa estimativa, a espessura do vidro é:

a) 16 mm b) 4 mm c) 1 mm d) 8 mm e) 2 mm

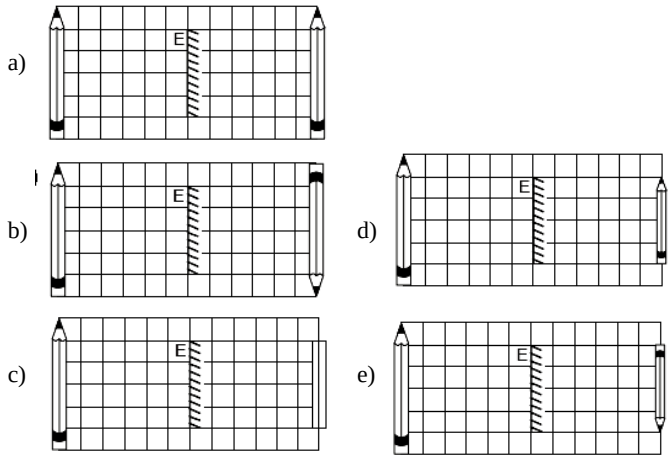
13. (UFRS) Um objeto puntiforme está em frente a um espelho plano, a 20 cm dele. O olho de um observador está a 30 cm do espelho e sobre a mesma linha que liga o objeto. A que distância do olho do observador se forma a imagem do objeto?

a) 10 cm b) 20 cm c) 30 cm d) 40 cm e) 50 cm

14. (VUNESP) Um lápis encontra-se em frente de um pequeno espelho plano E, como mostra a figura.



O lápis e sua imagem estão corretamente representados por

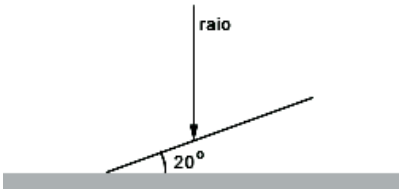


15. (VUNESP) Um raio de luz, vertical, incide num espelho plano horizontal. Se o espelho girar 20º em torno de um eixo horizontal, o raio refletido se desviará de sua direção original de

a) 0º
b) 20º
c) 10º
d) 60º
e) 40º

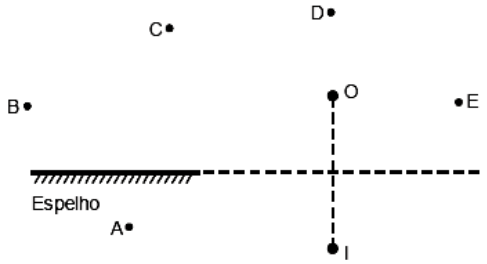
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (UFPI) Um raio de luz incide, verticalmente, sobre um espelho plano que está inclinado 20° em relação à horizontal, como mostra a figura. O raio refletido faz, com a superfície do espelho, um ângulo de:



a) 10°.
b) 30°.
c) 50°.
d) 70°.
e) 90°.

2. (VUNESP) A figura representa um espelho plano, um objeto, O, sua imagem, I, e cinco observadores em posições distintas, A, B, C, D e E.



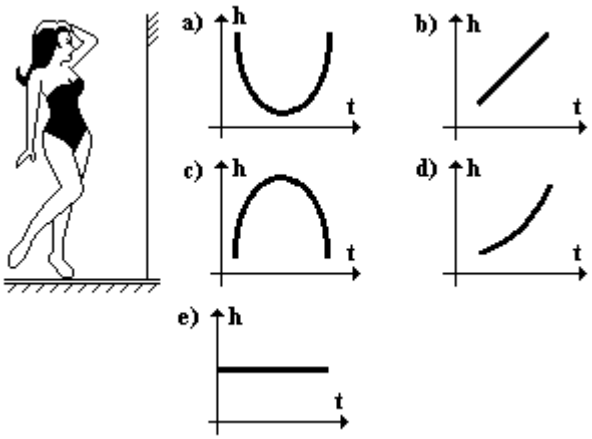
Entre as posições indicadas, a única da qual o observador poderá ver a imagem I é a posição

a) A
b) B
c) C
d) D
e) E

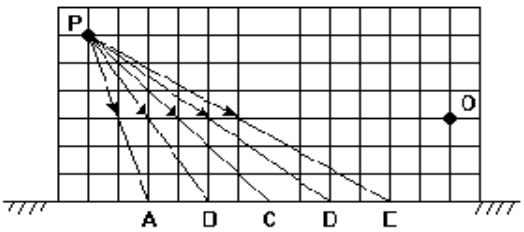
3. (PUC-SP) Num relógio de ponteiros, cada número foi substituído por um ponto. Uma pessoa, ao observar a imagem desse relógio refletida em um espelho plano, lê 8 horas. Se fizermos a leitura diretamente no relógio, verificaremos que ele está marcando:

a) 6 h.
b) 2 h.
c) 9 h.
d) 4 h.
e) 10 h.

4. (FAAP) Uma modelo aproxima-se de um espelho plano e depois dele se afasta sempre andando muito charmosamente. Qual dos gráficos a seguir representa o tamanho real h de sua imagem em função do tempo?



5. (UEL) Um observador O observa a imagem de um objeto P refletida num espelho plano horizontal. A figura mostra um feixe de raios luminosos que partem de P. O raio que atinge o observador O é:



a) PEO.
b) PDO.
c) PCO.
d) PBO.
e) PAO.

6. Um homem encontra-se pendurado em uma árvore de altura igual a 4,0 m olhando para um espelho plano vertical situado a uma certa distância.

Qual deverá ser o comprimento mínimo do espelho para que o homem possa ver nele a imagem completa da árvore?
a) 0,5 m.
b) 1,0 m.
c) 1,5 m.
d) 2,0 m.
e) Depende da altura dos olhos do homem em relação ao solo.

7. (PUCMG) Uma pessoa deseja usar um espelho plano vertical, a partir do chão, para ver-se de corpo inteiro, desde a cabeça até os pés. A altura do espelho:
a) deve ser pelo menos igual à altura da pessoa.
b) deve ser pelo menos igual à metade da altura da pessoa.
c) depende da distância da pessoa ao espelho.
d) depende da altura da pessoa e da sua distância ao espelho.

8. (Mackenzie) Quando colocamos um ponto objeto real diante de um espelho plano, a distância entre ele e sua imagem conjugada é 3,20 m. Se esse ponto objeto for deslocado em 40 cm de encontro ao espelho, sua nova distância em relação à respectiva imagem conjugada, nessa posição final, será:
a) 2,40 m.
b) 2,80 m.
c) 3,20 m.
d) 3,60 m.
e) 4,00 m.

9. (UFPE) Uma criança aproxima-se de um espelho plano com velocidade V, na direção da normal ao espelho. Podemos afirmar que sua imagem:
a) se afasta do espelho com velocidade V.
b) se aproxima do espelho com velocidade V.
c) se afasta do espelho com velocidade 2V.
d) se aproxima do espelho com velocidade 2V.
e) se afasta do espelho com velocidade V/2.

10. (Fuvest-SP) Uma jovem viaja de uma cidade A para uma cidade B, dirigindo um automóvel por uma estrada muito estreita. Em um certo trecho, em que a estrada é reta e horizontal, ela percebe que seu carro está entre dois caminhões-tanque bidirecionais e iguais, como mostra a figura. A jovem observa que os dois caminhões, um visto através do espelho retrovisor plano, e o outro, através do pára-brisa, parecem aproximar-se dela com a mesma velocidade.
Como o automóvel e o caminhão de trás estão viajando no mesmo sentido, com velocidades de 40 km/h e 50 km/h, respectivamente, pode-se concluir que a velocidade do caminhão que está à frente é:

a) 50 km/h com sentido de A para B.
b) 50 km/h com sentido de B para A.
c) 40 km/h com sentido de A para B.
d) 30 km/h com sentido de B para A.
e) 30 km/h com sentido de A para B.

11. (UCDB-MS) Uma pessoa está vestindo uma camisa que possui impresso o número 54. Se essa pessoa se olhar em espelho plano, verá a imagem do número como:
a) 54
b) 45
c) 24
d) 54
e) 45

12. (MACK) Quando colocamos um ponto objeto real diante de um espelho plano, a distância entre ele e sua imagem conjugada é 3,20 m. Se esse ponto objeto for deslocado em 40 cm de encontro ao espelho, sua nova distância em relação à respectiva imagem conjugada, nessa posição final, será
a) 2,40 m
b) 2,80 m
c) 3,20 m
d) 3,60 m
d) 4,00 m

13. (USC) Um diretor de cinema deseja obter uma cena com 30 cavalos. Para tanto, ele dispõe de 05 cavalos e dois espelhos planos. Para a obtenção de tal cena, os espelhos planos devem ser dispostos formando entre si um ângulo igual a:
a) 12º
b) 60º
c) 45º
d) 22,5º
e) 90º

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) E	2) C	3) D	4) C	5) D
6) D	7) E	8) C	9) C	10) A
11) C	12) B	13) E	14) A	15) E

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

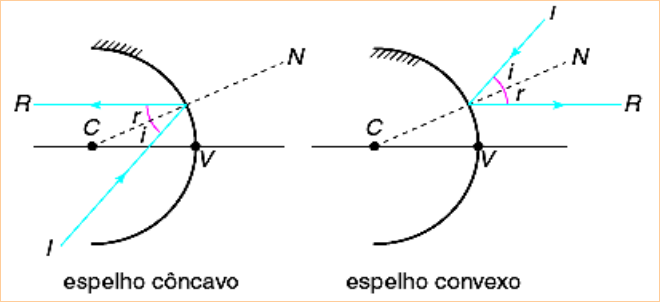
1) D	2) B	3) D	4) E	5) B	6) D	7) B
8) A	9) B	10) E	11) D	12) A	13) B	

MÓDULO 3

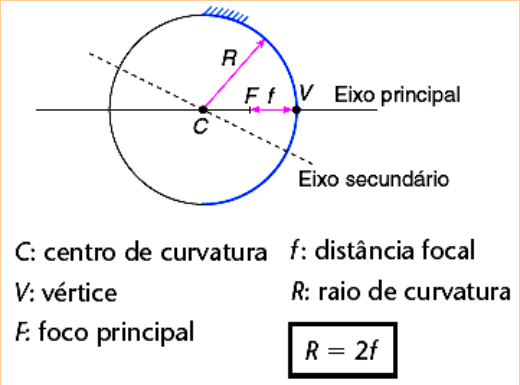
III – ESPELHO ESFÉRICO

3.1- CONCEITO

É toda calota esférica em que uma de suas superfícies é refletora.

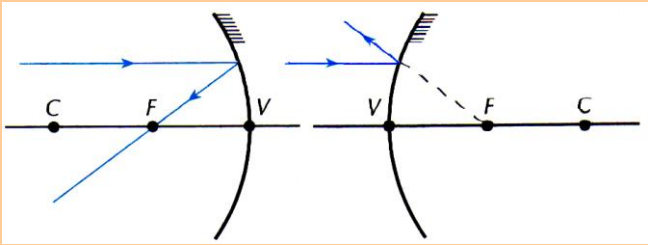


3.2- ELEMENTOS DE UM ESPELHO ESFÉRICO

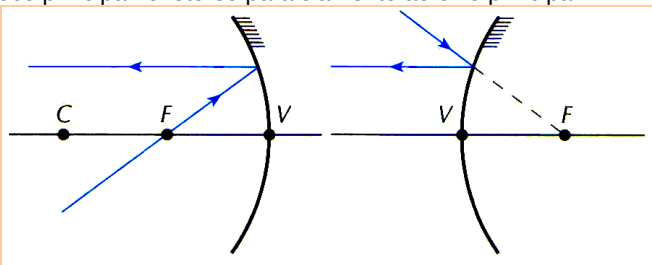


3.3- RAIOS NOTÁVEIS

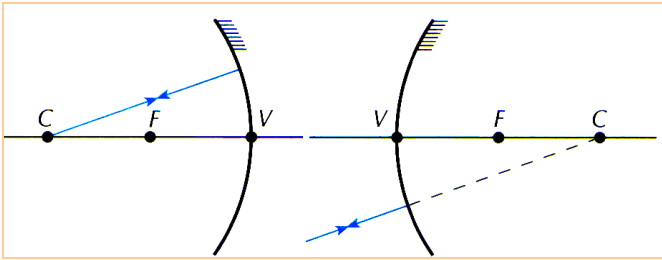
a) todo raio de luz que incide paralelamente ao eixo principal reflete-se numa direção que passa pelo foco principal



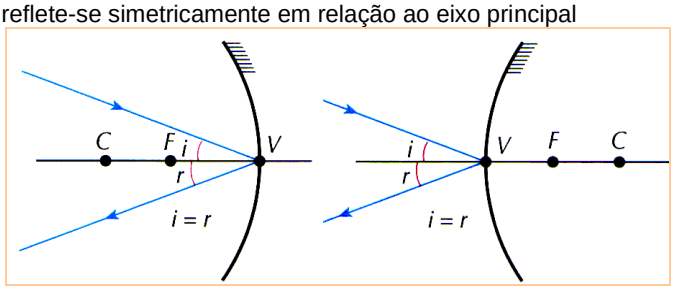
b) todo raio de luz que incide numa direção que passa pelo foco principal reflete-se paralelamente ao eixo principal



c) todo raio de luz que incide numa direção que passa pelo centro de curvatura reflete-se sobre si



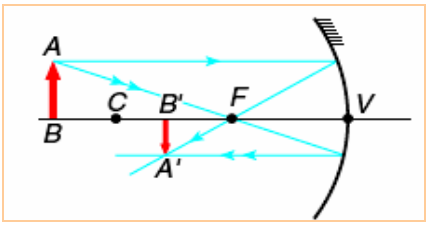
d) todo raio de luz que incide sobre o vértice do espelho reflete-se simetricamente em relação ao eixo principal



3.4- OBTENÇÃO GEOMÉTRICA DE IMAGENS

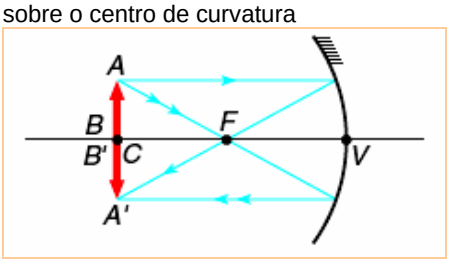
a- Espelho Côncavo

1º) Objeto além do centro de curvatura



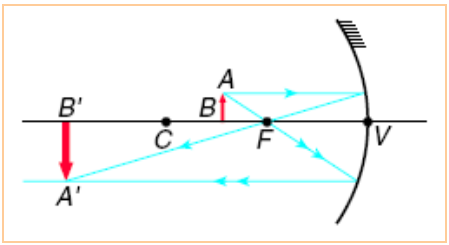
A imagem é real, invertida e menor.

2º) Objeto sobre o centro de curvatura



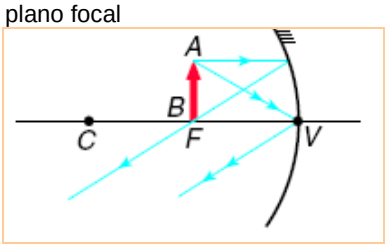
A imagem é real, invertida e do mesmo tamanho.

3º) Objeto entre o centro de curvatura e o foco



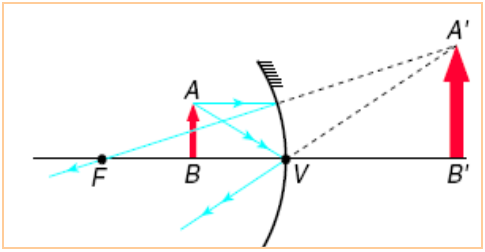
A imagem é real, invertida e maior.

4º) Objeto no plano focal



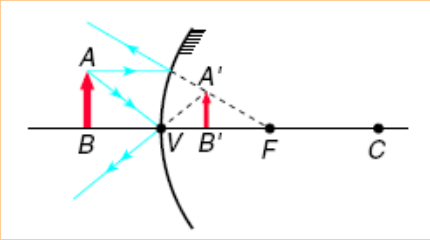
A imagem é imprópria (imagem no infinito).

5º) Objeto entre o foco e o vértice



A imagem é virtual, direita e maior.

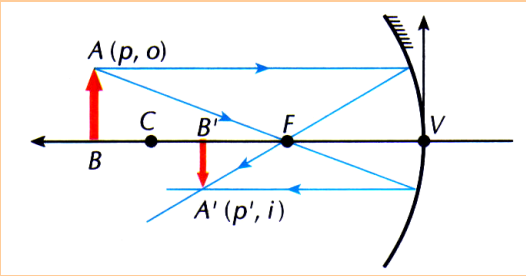
b- Espelho Convexo



A imagem é virtual, direita e menor.

3.5- OBTENÇÃO ANALÍTICA DE IMAGENS

Sejam p a distância de um objeto ao espelho, p' a distância da imagem ao espelho, e f a distância focal do espelho, temos:



a- EQUAÇÃO DE GAUSS

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

b- EQUAÇÃO DO AUMENTO LINEAR TRANSVERSAL

$$A = \frac{i}{\theta} = -\frac{p'}{p}$$

c- CONVENÇÃO DE SINAIS:

$$p' \begin{cases} + \text{ imagem real} \\ - \text{imagem virtual} \end{cases}$$

$$i \begin{cases} + \text{ imagem direita} \\ - \text{ imagem invertida} \end{cases}$$

$$f \begin{cases} + \text{espelho côncavo} \\ - \text{espelho convexo} \end{cases}$$

EXERCÍCIOS DE AULA

1. (FUVEST) A imagem de um objeto forma-se a 40 cm de um espelho côncavo com distância focal de 30 cm. A imagem formada situa-se sobre o eixo principal do espelho, é real, invertida e tem 3 cm de altura.

a) Determine a posição do objeto.
b) Construa o esquema referente à questão representando objeto, imagem, espelho e raios utilizados e indicando as distâncias envolvidas.

2. (UFPEL) Um objeto luminoso de 4 cm de altura é colocado a 36 cm, sobre o eixo principal de um espelho esférico convexo de raio de curvatura igual a 24 cm. Nessas condições, determine:

a) a distância da imagem ao espelho;
b) o tamanho da imagem;
c) a natureza da imagem.

3. (UFSC) Um espelho esférico convexo tem 20 cm de raio de curvatura. Se um objeto com 5 cm de altura estiver colocado a 15 cm do vértice do espelho, qual será, em módulo, a razão entre a distância da imagem obtida e o tamanho da imagem?

4. (UFSCar) Num anteparo situado a 30 cm do vértice de um espelho esférico forma-se a imagem nítida de um objeto real situado a 10 cm do espelho. Determine:

a) a natureza do espelho;
b) a distância focal e o raio de curvatura do espelho;

5. (UFPEL) Em recente reportagem sobre a violência nas grandes cidades, uma emissora de televisão mostrou o sistema de segurança de uma residência, do qual faz parte um espelho esférico convexo. Este espelho permite a visão de uma ampla área em torno da residência. A partir do enunciado, responda:

a) As imagens fornecidas pelo espelho são diretas ou invertidas, em relação aos objetos?
b) As imagens fornecidas pelo espelho podem ser maiores do que os correspondentes objetos? Por quê?
c) As imagens fornecidas pelo espelho podem ser projetadas em uma tela, no interior da residência? Por quê?

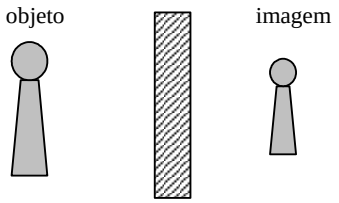
6. (UFPEL) Um espelho esférico projeta sobre uma parede uma imagem 3 vezes maior do que uma vela colocada diante dele. Sabendo que o vértice do espelho encontra-se a 6 m da parede, responda às seguintes perguntas:

a) O espelho é côncavo ou convexo? Por quê?
b) Quanto mede o raio do espelho? Justifique sua resposta, apresentando o cálculo do raio.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (UFRGS) No estudo de espelhos planos e esféricos, quando se desenham figuras para representar objetos e imagens, costuma-se selecionar determinados pontos do objeto. Constrói-se, então, um ponto imagem P', conjugado pelo espelho a um ponto objeto P, aplicando as conhecidas regras para construção de imagens em espelhos que decorrem das Leis da Reflexão. Utilizando-se tais regras, conclui-se que um ponto imagem **virtual** P', conjugado pelo espelho a um ponto objeto **real** P, ocorre :
a) apenas em espelhos planos.
b) apenas em espelhos planos e côncavos.
c) apenas em espelhos planos e convexos.
d) apenas em espelhos côncavos e convexos.
e) em espelhos planos, côncavos e convexos.

2. (UFSCAR) A figura representa um objeto e a sua imagem conjugada por um elemento óptico que, na figura, está oculto pelo retângulo riscado. As distâncias do objeto e da imagem ao elemento não estão em escala.



Esse elemento óptico pode ser
a) um espelho plano.
b) um espelho côncavo.
c) um espelho convexo.
d) uma lente convergente.
e) uma lente divergente.

3. (UCS) O rosto de uma pessoa está a 40 cm de um espelho esférico côncavo de 10 cm de distância focal. Por uma análise comparativa dos dados ou construindo a imagem, é correto afirmar que essa pessoa verá, refletido no espelho, seu rosto
a) real, menor e invertido.
b) virtual, menor e direito.
c) virtual, maior e invertido.
d) real, maior e invertido.
e) real, menor e direito.

4. (UCS) O dono de um estabelecimento comercial trabalha de costas para a entrada de sua loja. Pensando em ter uma visão, a mais abrangente possível da entrada, ele pendurou um espelho convexo na parede à sua frente, porque este gera uma imagem
a) virtual, direita e maior do que os objetos à volta.
b) real, invertida e menor do que os objetos à volta.
c) virtual, direita e menor do que os objetos à volta.
d) real, invertida e maior do que os objetos à volta.
e) real, direita e menor do que os objetos à volta.

5. (MACKENZIE) Um pequeno objeto encontra-se sobre o eixo principal de um espelho esférico côncavo, no ponto médio do segmento definido pelo foco principal e o centro de curvatura.

Considerando as condições de Gauss para o espelho, a respectiva imagem conjugada será:

a) real, direita e 2 vezes maior que o objeto.
b) real, invertida e 2 vezes maior que o objeto.
c) virtual, direita e 2 vezes maior que o objeto.
d) real, direita e 3 vezes maior que o objeto.
e) real, invertida e 3 vezes maior que o objeto.

6. (FURG) Ao ser colocado diante de um espelho, um objeto fica com sua imagem invertida e reduzida. Nesse caso, podemos afirmar que o espelho é

a) côncavo, e o objeto está entre ele e o foco.
b) côncavo, e a imagem é formada entre o foco e o centro de curvatura.
c) plano.
d) convexo, e a imagem é formada no foco.
e) côncavo, e o objeto está exatamente no centro de curvatura.

7. (FURG) Um objeto está colocado a uma distância do vértice de um espelho côncavo igual ao dobro do raio da curvatura "R'". Neste caso, a imagem formada pelo referido espelho é:

a) virtual e situada a uma distância 2"R" atrás do espelho.
b) real e situada entre o foco e o vértice.
c) real e situada entre o centro de curvatura e o foco.
d) virtual e situada entre o centro de curvatura e o foco.
e) real e situada no foco.

8. (MACK) A imagem de um objeto que está a 40 cm de um espelho esférico côncavo tem a mesma altura do objeto. Colocando o objeto a grande distância do espelho, sua imagem estará a:

a) 20 cm do espelho.
b) 30 cm do espelho.
c) 40 cm do espelho.
d) 50 cm do espelho.
e) 60 cm do espelho.

9. (UFRS) Um objeto real está colocado a 20 cm do vértice de um espelho esférico côncavo de distância focal igual a 30 cm.

Nessa situação, a imagem do objeto está a .....cm do vértice do espelho, é ..... e tem um tamanho igual ..... do objeto.

Selecione a alternativa que representa os termos que preenchem corretamente as três lacunas no período acima, respectivamente.

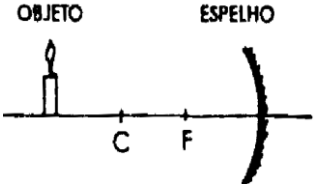
a) 60 cm – direta – ao triplo
b) 50 cm – direta – ao dobro
c) 30 cm – invertida – à metade
d) 60 cm – invertida – à metade
e) 50 cm – direta – ao triplo

10. (FURG) Considere a frase abaixo

Um objeto colocado a uma distância de 10 cm de um espelho curvo, gera uma imagem virtual ampliada em 2 vezes, sendo o tipo do espelho _____ com distância focal de _____ cm.

A melhor opção para preencher as lacunas é
a) côncavo, 20/3.
b) côncavo, 20.
c) convexo, 20/3.
d) convexo, 20.
e) plano, 10.

11. (UFSM) Um objeto é colocado a 40 cm do vértice de um espelho esférico côncavo com raio de curvatura de 30 cm, conforme a figura. A distância da imagem ao espelho será de



a) 20 cm
b) 24 cm
c) 30 cm
d) 36 cm
e) 50 cm

12. (UFSM) Com relação à natureza – real ou virtual – da imagem de um objeto real produzido por um espelho, pode(m)-se afirmar:

I - No espelho côncavo, a imagem poderá ser real, dependendo da posição do objeto.

II - No espelho convexo, a imagem será virtual, independentemente da posição do objeto.

III - No espelho plano, a imagem poderá ser real, dependendo da posição do objeto.

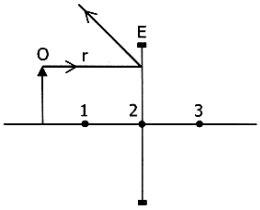
Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s)
a) I apenas
b) II apenas
c) III apenas
d) I e II apenas
e) I, II e III

13. (FURG) Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas do parágrafo abaixo.

Uma flor é colocada em frente a um espelho esférico. A imagem da flor produzida por este espelho é direta e maior que a flor. Portanto, trata-se de um espelho ..... e a flor está a uma distância do espelho ..... sua distancia focal.

A alternativa que completa corretamente as lacunas da frase é
a) convexo – maior que
b) convexo – menor que
c) côncavo – igual a
d) côncavo – menor que
e) côncavo – maior que

14. (UFRGS) Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que elas aparecem.
Na figura abaixo, E representa um espelho esférico, a seta O representa um objeto real colocado diante do espelho e r indica a trajetória de um dos infinitos raios de luz que atingem o espelho, provenientes do objeto. Os números na figura representam pontos sobre o eixo ótico do espelho.



Analisando a figura, conclui-se que E é um espelho..... que o ponto identificado pelo número .....está situado no plano focal do espelho.
a) côncavo – 1
b) côncavo – 2
c) côncavo – 3
d) convexo – 1
e) convexo – 3

15. (UFAM) Um objeto real é colocado sobre o eixo principal de um espelho esférico côncavo, cuja distância focal mede $10\ cm$. Sabendo-se que a distância do objeto ao espelho é muito grande, quando comparada com a distância focal, podemos afirmar que a natureza da imagem e o valor aproximado de sua distância ao espelho são, respectivamente:
a) Real; 10cm.
b) Imaginária; 10cm.
c) Real; 20cm.
d) Real; 5cm.
e) Imaginária; 5cm.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

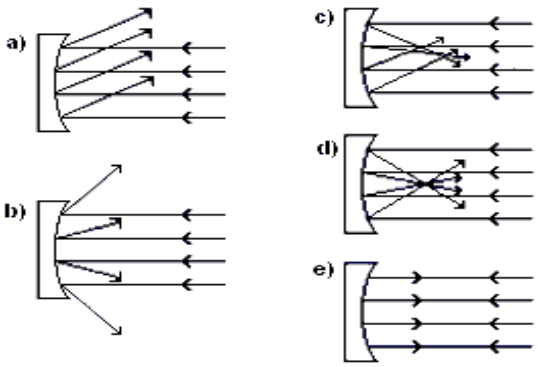
1. (UFRN) Muitas cidades brasileiras não são cobertas pelos sinais retransmitidos pelas emissoras de televisão, pois eles têm um alcance limitado na superfície da Terra. Os satélites retransmissores vieram solucionar esse problema. Eles captam os sinais diretamente das "emissoras-mães", amplificam-los e os retransmitem para a Terra. Uma antena parabólica metálica, instalada em qualquer residência, capta, então, os raios eletromagnéticos, praticamente paralelos, vindos diretamente do satélite distante, e manda-os, em seguida, para um receptor localizado no foco da antena.

A eficácia da antena parabólica deve-se ao seguinte fato:

a) o efeito fotoelétrico causado pelas ondas eletromagnéticas, no metal da antena, faz com que os elétrons arrancados atinjam o foco da mesma, amplificando o sinal.
b) ela funciona como um espelho em relação a esses raios paralelos, refletindo-os para o foco, onde eles se concentram e aumentam a intensidade do sinal.
c) os sinais são amplificados porque a antena os polariza e, por reflexão, joga-os em fase, no foco da mesma.
d) ela absorve os sinais, que, por condução elétrica, chegam ao seu foco com uma intensidade maior.

2. (UFV-MG) Um espelho esférico, cujo raio de curvatura é igual a 0,30 m, tem sua face côncava voltada na direção do Sol. Uma imagem do Sol é formada pelo espelho. A distância dessa imagem até o espelho é:
a) 0,30 m.
b) 0,15 m.
c) 0,45 m.
d) 0,60 m.
e) infinita.

3. (Vunesp-SP) "Isaac Newton foi o criador do telescópio refletor. O mais caro desses instrumentos até hoje fabricado pelo homem, o telescópio espacial Hubble (1,6 bilhão de dólares), colocado em órbita terrestre em 1990, apresentou em seu espelho côncavo, dentre outros, um defeito de fabricação que impede a obtenção de imagens bem definidas das estrelas distantes". (*O Estado de S.Paulo*, 01/08/91, p.14).
Qual das figuras a seguir representaria o funcionamento perfeito do espelho do telescópio?



4. (UFSCar) Uma mocinha possuía um grande espelho esférico côncavo que obedecia às condições de estigmatismo de Gauss. Com seu espelho, de raio de curvatura 3,0 m, estava acostumada a observar recentes cravos e espinhas.

Certo dia, sem que nada se interpusesse entre ela e seu espelho, observando-o diretamente, a uma distância de 2,0 m da superfície refletora e sobre o eixo principal:

a) não pôde observar a imagem de seu rosto, que é de tamanho menor e em posição invertida.
b) não pôde observar a imagem de seu rosto, que é de tamanho maior e em posição invertida.
c) pôde observar a imagem de seu rosto em tamanho reduzido e disposta em posição direita.
d) pôde observar a imagem de seu rosto em tamanho ampliado e disposta em posição direita.
e) pôde observar a imagem de seu rosto em tamanho ampliado e disposta em posição invertida.

5. (Mackenzie) Um espelho esférico côncavo, que obedece às condições de Gauss, fornece, de um objeto colocado a 2 cm de seu vértice, uma imagem virtual situada a 4 cm dele. Se utilizarmos esse espelho como refletor do farol de um carro, no qual os raios luminosos refletidos são paralelos, a distância entre o filamento da lâmpada e o vértice do espelho deve ser igual a:
a) 2 cm.
b) 4 cm.
c) 6 cm.
d) 8 cm.
e) 10 cm.

6. (PUC-PR) Um espelho côncavo produz uma imagem real invertida do mesmo tamanho que um objeto situado a 40 cm de distância.
Podemos afirmar que a distância focal do espelho é:
a) 20 cm.
b) 40 cm.
c) 10 cm.
d) 80 cm.
e) 120 cm.

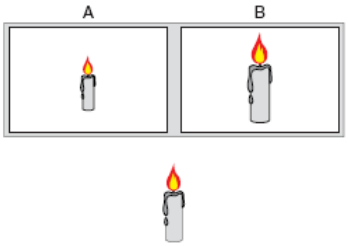
7. (UFES) Um objeto desloca-se ao longo do eixo principal, em direção ao vértice de um espelho esférico côncavo gaussiano, com velocidade constante de 4 cm/s. A distância focal do espelho é de 10 cm. Em um certo instante, o objeto está a 50 cm do vértice. Após 5 s, a distância percorrida pela imagem do objeto é de:
a) 50,83 cm
b) 49,58 cm.
c) 30,00 cm.
d) 12,50 cm.
e) 2,50 cm.

8. (Fatec-SP) Um espelho esférico côncavo tem distância focal 3,0 m. Um objeto de dimensões desprezíveis encontra-se sobre o eixo principal do espelho, a 6,0 m deste.
O objeto desliza sobre o eixo principal, aproximando-se do espelho com velocidade constante de 1,0 m/s. Após 2,0 segundos, sua imagem:
a) terá se aproximado 6,0 m do espelho.
b) terá se afastado 6,0 m do espelho.
c) terá se aproximado 3,0 m do espelho.
d) terá se afastado 3,0 m do espelho.
e) terá se aproximado 12,0 m do espelho.

9. (Fatec-SP) Para se barbear, um jovem fica com o seu rosto situado a 50 cm de um espelho, e este fornece sua imagem ampliada 2 vezes.
O espelho utilizado é:
a) côncavo, de raio de curvatura 2,0 m.
b) côncavo, de raio de curvatura 1,2 m.
c) convexo, de raio de curvatura 2,0 m.
d) convexo, de raio de curvatura 1,2 m.
e) plano.

10. (UFF) Um rapaz utiliza um espelho côncavo, de raio de curvatura igual a 40 cm, para barbear-se. Quando o rosto do rapaz está a 10 cm do espelho, o aumento linear transversal da imagem produzida é:
a) 1,3.
b) 1,5.
c) 2,0.
d) 4,0.
e) 40.

11. (PUC-MG) Dois espelhos distintos, *A* e *B*, estão fixos em uma mesma moldura, conforme a figura. Uma vela acesa é colocada em frente e a uma mesma distância dos espelhos. Observa-se que a imagem, formada pelos espelhos, é maior que a vela no espelho *B* e menor no espelho *A*. A respeito desses espelhos, é CORRETO afirmar:



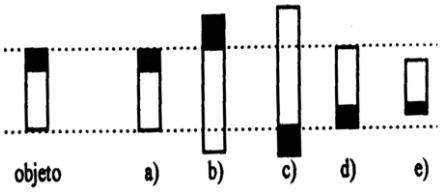
a) Ambos os espelhos são convexos.
b) O espelho *A* é convexo, e *B* é côncavo.
c) A imagem formada no espelho *A* é virtual, e no espelho *B* é real.
d) Ambas as imagens são reais.
e) Ambos os espelhos podem projetar imagens sobre um anteparo

12. (Unirio) Um objeto é colocado diante de um espelho. Considere os seguintes fatos referentes ao objeto e à sua imagem:
I. o objeto está a 6 cm do espelho.
II. o aumento linear transversal da imagem, em módulo, é 5.
III. a imagem é invertida.
A partir destas informações, está correto afirmar que:
a) o espelho é convexo.
b) o raio de curvatura do espelho vale 5 cm.
c) a distância focal do espelho vale 2,5 cm.
d) a imagem do objeto é virtual.
e) a imagem está situada a 30 cm do espelho.

13. (Cesgranrio) Um objeto colocado muito além de C, centro de curvatura de um espelho esférico côncavo, é aproximado vagarosamente dele. Estando o objeto colocado perpendicularmente ao eixo principal, a imagem do objeto conjugada por este espelho, antes de o objeto atingir o foco, é:
a) real, invertida e se aproxima do espelho.
b) virtual, direita e se afasta do espelho.
c) real, invertida e se afasta do espelho.
d) virtual, invertida e se afasta do espelho.
e) real, invertida, fixa num ponto qualquer.

14. (ITA) Seja E um espelho côncavo cujo raio de curvatura é 60,0 cm. Que tipo de imagem será obtida se colocarmos um objeto real de 7,50 cm de altura, verticalmente, a 20,0 cm de vértice de E?
a) imagem virtual e reduzida a 1/3 do tamanho do objeto.
b) imagem real e colocada a 60,0 cm da frente do espelho.
c) imagem virtual e três vezes mais alta que o objeto.
d) imagem real, invertida e de tamanho igual ao do objeto.
e) imagem real e reduzida a 1/3 do tamanho do objeto.

15. (UFSM) O objeto desenhado do lado esquerdo das figuras é colocado entre o centro de curvatura e o foco de um espelho esférico côncavo. A figura que melhor representa a imagem formada está na alternativa.



16. A distância focal de um espelho côncavo é de 5 cm. A imagem deve ser projetada numa tela a uma distância de 5 metros do espelho. Se o objeto mede 2 cm, o tamanho da imagem na tela será

a) 50 cm.
b) 100 m.
c) 150 cm.
d) 198 cm.
e) 200 cm.

17. (UFPEL) Um objeto de 6 cm de altura é colocado perpendicularmente ao eixo principal e a 24 cm do vértice de um espelho esférico côncavo, de raio de curvatura 36 cm.
Baseado em seus conhecimentos sobre óptica geométrica, a altura e natureza da imagem são, respectivamente:
a) 2 cm; virtual e direita.
b) 12 cm; real e invertida.
c) 18 cm; virtual e direita.
d) 18 cm; real e invertida.
e) 2 cm; virtual e invertida.

18. (MACK) A 12 cm de um espelho esférico de Gauss, colocamos um objeto perpendicularmente ao seu eixo principal. A imagem obtida, projetada em um anteparo, tem altura igual ao dobro da do objeto. O raio de curvatura desse espelho é:
a) 6 cm
b) 14 cm
c) 16 cm
d) 18 cm
e) 24 cm

19. (UNEB) Um objeto é colocado a 15 cm de um espelho esférico côncavo, de raio de curvatura igual a 10 cm. A imagem conjugada do objeto pelo espelho se formará a uma distância deste igual a
a) 2,5 cm
b) 5,0 cm
c) 7,5 cm
d) 8,6 cm
e) 9,4 cm

20. (MACK) Diante de um espelho esférico côncavo coloca-se um objeto real no ponto médio do segmento definido pelo foco principal e pelo centro de curvatura. Se o raio de curvatura desse espelho é de 2,4 m, a distância entre o objeto e sua imagem conjugada é de
a) 0,60 m
b) 1,2 m
c) 1,8 m
d) 2,4 m
e) 3,6 m

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) E	2) C	3) A	4) C	5) B
6) B	7) C	8) A	9) A	10) B
11) B	12) D	13) D	14) E	15) A

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

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

MÓDULO 4

IV – REFRAÇÃO DA LUZ

4.1- CONCEITO

É a passagem da luz de um meio para outro com mudança de velocidade.

4.2- ÍNDICE DE REFRAÇÃO ABSOLUTO DE UM MEIO (PARA UMA DADA LUZ MONOCROMÁTICA)

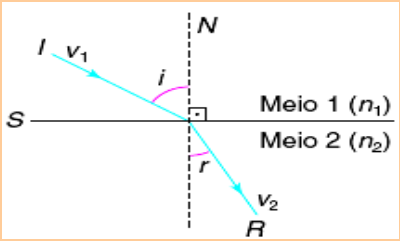
$$n = \frac{c}{v}$$

c: velocidade da luz no vácuo
v: velocidade da luz considerada no meio em questão

4.3- ÍNDICE DE REFRAÇÃO RELATIVO (DO MEIO 2 EM RELAÇÃO AO MEIO 1)

$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

4.4- LEIS DA REFRAÇÃO



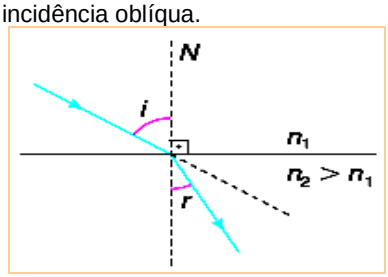
1ª Lei: "o raio incidente I, a normal N e o raio refratado R são coplanares."

2ª Lei: **LEI DE SNELL – DESCARTES**

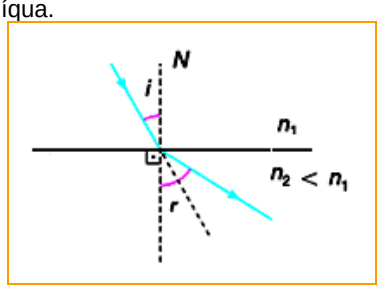
$$n_1.\text{sen}i = n_2.\text{sen}r$$

4.5- CONSEQÜÊNCIAS DA LEI DE SNELL-DESCARTES

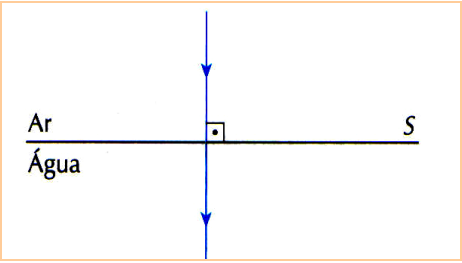
1ª) $n_1 < n_2$ → Quando a luz passa do meio menos refringente para o meio mais refringente, a velocidade de propagação da luz diminui e o raio de luz se aproxima da normal, para incidência oblíqua.



2ª) $n_1 > n_2$ → Quando a luz passa do meio mais refringente para o meio menos refringente, a velocidade de propagação da luz aumenta e o raio de luz se afasta da normal, para incidência oblíqua.



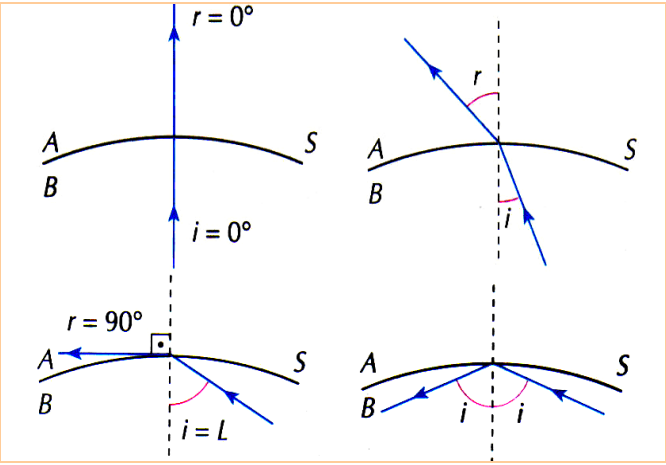
OBS- Se a luz incidir normalmente à superfície de separação de dois meios, a luz não se desvia.



4.6- ÂNGULO LIMITE E REFLEXÃO TOTAL

a- REFLEXÃO TOTAL:

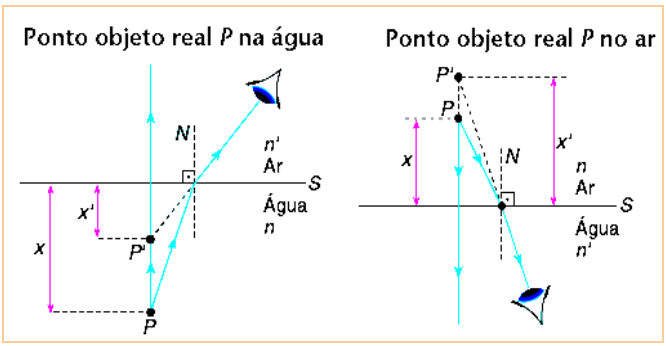
Para ocorrer **reflexão total** a luz deve-se propagar no sentido do meio mais para o meio menos refringente ($n_B > n_A$) o ângulo de incidência i deve superar o ângulo limite L.



b- Cálculo do ângulo limite (L).

$$\text{sen}L = \frac{n_A}{n_B} \quad \text{ou} \quad \text{sen}L = \frac{n_{menor}}{n_{maior}}$$

4.7- DIOPTRO PLANO: É o conjunto de dois meios homogêneos e transparentes limitados por uma superfície S. O conjunto de meios constituídos pelo ar e pela água de um lago, separados pela superfície plana S da água, é um *dioptro plano.*

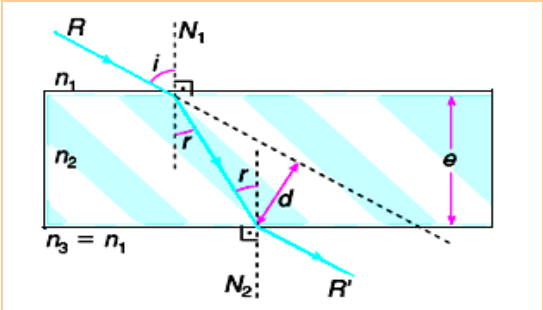


$$\frac{P}{P'} = \frac{n}{n'}$$

n é o índice de refração do meio onde se encontra o objeto;
n' é o índice de refração do meio onde se encontra o observador;
P é a distância do objeto à superfície S;
P' é a distância da imagem à superfície S.

4.8- LÂMINA DE FACES PARALELAS

É o sistema óptico constituído por três meios homogêneos e transparentes separados por duas superfícies planas e paralelas. Por exemplo, uma lâmina de vidro no ar, como a vidraça de uma janela, é um sistema desse tipo.



Sendo $n_3 = n_1$, resulta *R'* paralelo a *R*.

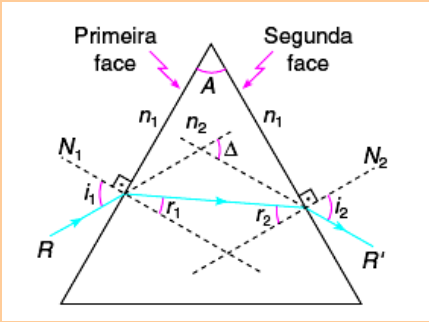
Desvio lateral *d*

$$d = e.\frac{\text{sen}(i - r)}{\cos r}$$

4.9 - PRISMA ÓPTICO

É o sistema constituído por três meios homogêneos e transparentes separados por
duas superfícies planas não-paralelas.

Trajetória da luz ao atravessar o prisma

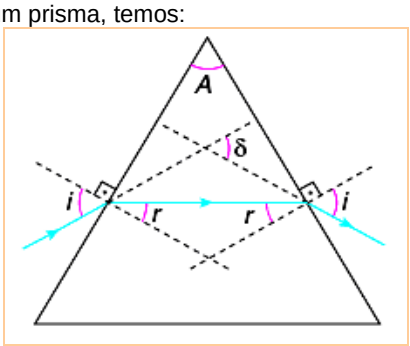


$$A = r_1 + r_2 \qquad \Delta = i_1 + i_2 - A$$

i_1: ângulo de incidência na primeira face
r_1: ângulo de refração na primeira face
r_2: ângulo de incidência na segunda face
i_2: ângulo de emergência
Δ: desvio angular
A: ângulo de refringência (entre as faces)

Desvio angular mínimo

Na situação em que o desvio angular da luz é mínimo, ao atravessar um prisma, temos:



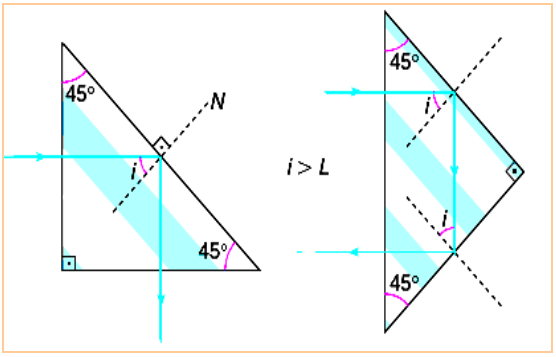
$$i_1 = i_2 = i \qquad r_1 = r_2 = r \qquad A = 2r$$

$$\delta = 2i - A$$

δ = Desvio mínimo

4.10- PRISMAS DE REFLEXÃO TOTAL

Os **prismas de reflexão total**, nos quais certos raios luminosos sofrem sempre reflexão total no interior do sistema, são largamente utilizados em alguns instrumentos ópticos, como binóculos, máquinas fotográficas do tipo reflex etc.

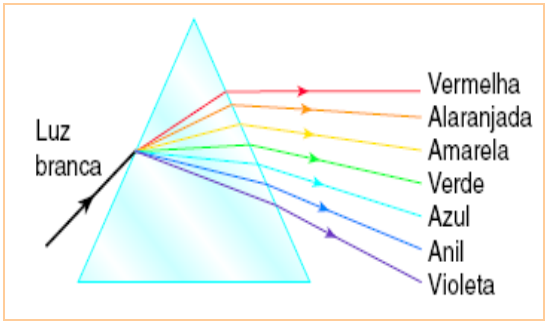


4.11- Dispersão da Luz

Com relação a esse fenômeno, devemos fazer as seguintes considerações:

- O índice de refração da luz depende da cor da luz incidente. É esse fato que provoca a dispersão da luz. Assim, para cada cor, a luz terá uma velocidade diferente dentro do prisma.

- Para cada velocidade da luz, o desvio será diferente e, conseqüentemente, haverá decomposição das cores. A experiência mostrou que a cor que mais se desvia é o violeta e a que menos se desvia é o vermelho. Assim, podemos dizer que a velocidade da luz vermelha no interior do prisma é maior do que a velocidade da luz violeta. A decomposição das cores no prisma segue a seguinte ordem:

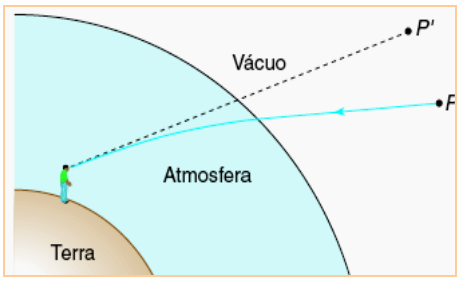


- Dispersão da luz ocorre em qualquer dioptro, mas de maneira pouco acentuada. No caso dos prismas, entretanto, a dispersão se acentua devido à dupla refração sofrida pela luz.

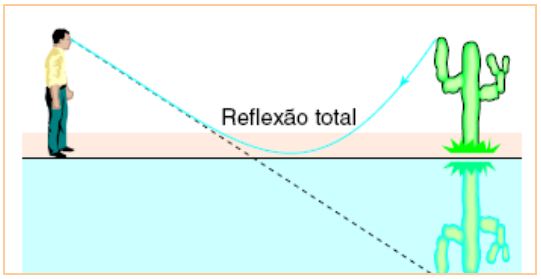
- A componente que sofre maior desvio é a violeta (maior índice de refração no prisma) e a que sofre menor desvio é a vermelha (menor índice de refração no prisma).

4.12- REFRAÇÃO DA LUZ NA ATMOSFERA

• Posição aparente dos astros

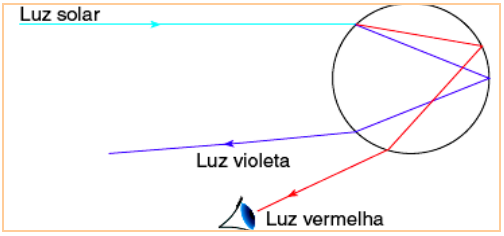


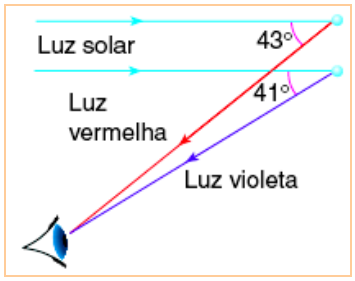
• Ilusão da existência de poças d'água



4.13- ARCO-ÍRIS

O **arco-íris** é formado em conseqüência da refração e posterior reflexão da luz solar em gotículas de água em supensão no ar. Na refração a luz solar se decompõe, sendo a mais desviada a luz violeta e a menos desviada a luz vermelha.



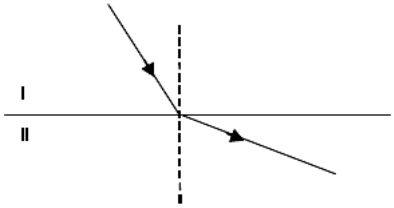


EXERCÍCIOS DE AULA

1. (OBF) As cidades do Rio de Janeiro e São Paulo estão conectadas por uma extensão de 400 km de fibras ópticas. Sabendo-se que a fibra apresenta índice de refração igual a 1,5, qual é o tempo necessário para que um pulso de luz chegue a São Paulo, saindo do Rio de Janeiro?
a) 0,1 s
b) 0,0667 s
c) 0,000667 s
d) 0,002 s
e) 0,33 s

2. (MACK) A luz vermelha se propaga no vidro com velocidade de 2,0 . 10^8 m/s e no ar com velocidade de 3,0 . 10^8 m/s. Um raio de luz vermelha, se propagando no ar, atinge uma das faces de um cubo de vidro com ângulo de incidência igual a 30º. O ângulo de refração correspondente terá seno igual a:
a) 0,20
b) 0,33
c) 0,48
d) 0,50
e) 0,87

3. (UFPI) A parte refratada de um feixe de luz que incide obliquamente sobre a superfície plana de separação entre os meios I e II, veja figura abaixo, é desviada afastando-se da normal à superfície. Assim sendo, as relações entre as velocidades e os índices de refração da luz nos meios I e II são dadas por

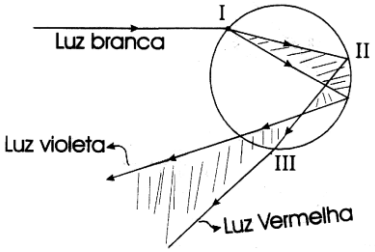


a) $v_{II} > v_I$ e $n_{II} < n_I$
b) $v_{II} > v_I$ e $n_{II} > n_I$
c) $v_{II} < v_I$ e $n_{II} > n_I$
d) $v_{II} < v_I$ e $n_{II} < n_I$
e) $v_{II} > v_I$ e $n_{II} = n_I$

4. Um raio de luz monocromática propaga-se na água ($n_{água}$ = 4/3) e atinge a superfície de separação com o ar (n_{ar} = 1,0). Pergunta-se:
a) Pode ocorrer de a luz não conseguir refratar-se da água para o ar? Justifique.
b) Caso o item **a** seja afirmativo, qual o nome do fenômeno óptico que irá ocorrer e qual a condição para esse acontecimento?

5. (VUNESP) Suponha um raio de luz policromático (luz do Sol) incidindo em uma das faces de um prisma de vidro e os raios dispersados, que emergem sob a forma do espectro de cores visíveis - vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Qual das seguintes afirmações justifica a formação do espectro?
a) O índice de refração do prisma depende do comprimento de onda.
b) O índice de refração do prisma depende da densidade do meio.
c) A luz incidente atravessa lentamente os meios mais densos.
d) O índice de refração de um meio é diretamente proporcional à velocidade da luz.
e) O índice de refração do prisma é diretamente proporcional ao coeficiente de dispersão do meio.

6. (UFPEL) Em dias chuvosos, podemos ver no céu o fenômeno da dispersão da luz solar, formando o arco-íres. A figura abaixo mostra o que ocorre com o raio de luz solar, ao atingir uma gota de água. Representamos, para simplificar a figura, apenas os raios de luz vermelha e violeta, que limitam o espectro da luz branca.



Considerando as informações acima, responda as seguintes perguntas.

a) Quais os fenômenos mostrados na figura, que ocorrem com o raio de luz vermelha nas posições I,II e III?

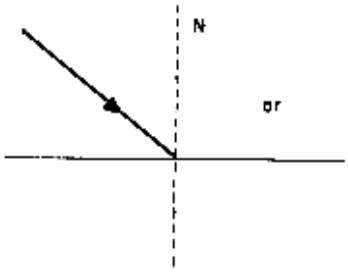
b) O índice de refração da água é maior para a luz violeta do que para a luz vermelha, Qual delas propaga-se, dentro da gota, com maior velocidade? Justifique sua resposta.

c) O que acontece com a freqüência, a velocidade de propagação e o comprimento de onda da luz vermelha, ao passar do ar para a água?

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (FURG) Um raio de luz passa de um meio de índice de refração n_1, para outro meio de índice de refração n_2. O ângulo de incidência é de 30º e o ângulo de refração, de 60º A razão n_1/n_2 vale
a) $\sqrt{3}$
b) $\frac{1}{\sqrt{3}}$
c) $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$
d) $\frac{\sqrt{3}}{2}$
e) $\frac{2}{\sqrt{3}}$

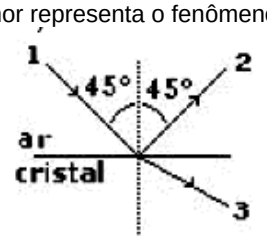
2. (FATEC) Um estreito feixe de luz monocromático, propagando-se no ar, incide na superfície de separação com outro meio transparente, cujo índice de refração para esta cor é $\sqrt{2}$, formando ângulo de 45° com a normal à citada superfície.

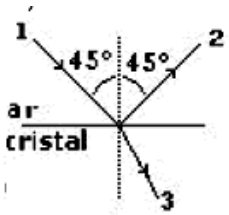


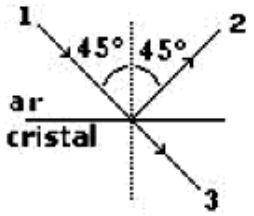
Após a incidência, parte do feixe é refletida e parte é refratada. O ângulo entre os feixes refletido e refratado é de
a) 120°
b) 105°
c) 90°
d) 75°
e) 60°

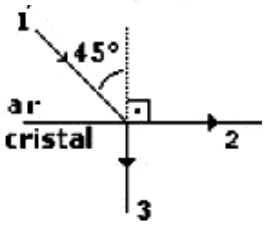
3. (UCS) Um raio luminoso de *laser* incide sobre a superfície de separação entre ar e cristal. No meio ar, o ângulo de incidência é de 45°. Ao encontrar o cristal, parte do feixe se

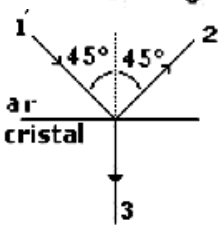
reflete e parte se refrata. O raio incidente **1**, o refletido **2** e o refratado **3** estão desenhados em cada alternativa. Considerando as leis da refração luminosa, o gráfico que melhor representa o fenômeno descrito acima é

a)


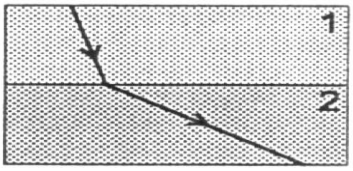
b)


c)


d)


e)


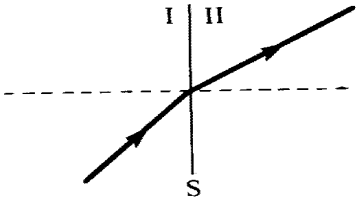
4. (ACAFE) A figura abaixo mostra um feixe de luz que passa de um meio 1 para um meio 2. Sendo o índice de refração do ar 1,00, da água 1,33 e do vidro 1,50, pode-se afirmar que os meios 1 e 2, respectivamente, podem ser:



I – vidro e água
II – ar e vidro
III – água e vidro.
IV – vidro e ar
V – água e ar

A alternativa, contendo todas as afirmações que são **VERDADEIRAS**, é:
a) I – II – V.
b) III – IV.
d) I – IV – V.
c) II – III.
e) I – V.

5. (UNB) Considere a figura. Um raio luminoso, propagando-se num meio I, incide sobre a superfície plana de separação S entre ele e um meio II. Pode-se concluir que:



a) o meio I é mais refringente que o meio II.
b) os dois meios têm o mesmo índice de refração.
c) a velocidade de propagação da luz no meio I é maior que no meio II.
d) a velocidade de propagação da luz no meio II é maior que no meio I.
e) n.d.a.

6. (FURG). Selecione a alternativa que completa corretamente o parágrafo abaixo.

Quando a luz passa de um meio menos denso para um mais denso, o feixe..... da normal, o comprimento de onda e a velocidade do feixe ....., ao mesmo tempo em que a freqüência ..... .

A alternativa que completa corretamente as lacunas do texto é

a) aproxima-se - diminuem - não se altera.
b) afasta-se - aumentam - aumenta.
c) aproxima-se - diminuem - aumenta.
d) afasta-se - diminuem - diminui.
e) aproxima-se - aumentam - diminui.

7. (UFSM) Um raio de luz é refletido totalmente na superfície de separação de dois meios a partir do ângulo limite de 45°.

Sendo sen 45° = $\frac{\sqrt{2}}{2}$ e sen 90° = 1

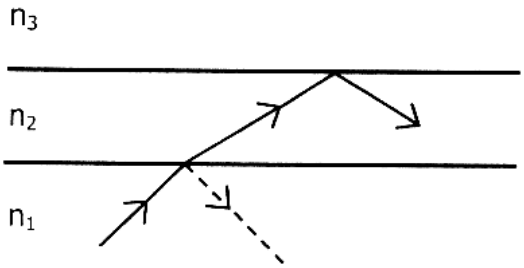
Assinale o índice de refração do meio de incidência. Considere como refração o ar, com índice de refração igual a 1.

a) $\frac{\sqrt{2}}{2}$
b) 1 - $\frac{\sqrt{2}}{2}$
c) 1
d) $\frac{2}{\sqrt{2}}$
e) $2\sqrt{2}$

8. (UFSP) Um raio de luz monocromática provém de um meio mais refringente e incide na superfície de separação com outro meio menos refringente. Sendo ambos os meios transparentes, pode-se afirmar que esse raio,

a) dependendo do ângulo de incidência, sempre sofre refração, mas pode não sofrer reflexão.
b) dependendo do ângulo de incidência, sempre sofre reflexão, mas pode não sofrer refração.
c) qualquer que seja o ângulo de incidência, só pode sofrer refração, nunca reflexão.
d) qualquer que seja o ângulo de incidência, só pode sofrer reflexão, nunca refração.
e) qualquer que seja o ângulo de incidência, sempre sofre refração e reflexão.

9. (UFRGS) Na figura abaixo, a linha cheia representa o percurso de um raio de luz que se propaga numa lâmina formada por três camadas de diferentes materiais transparentes, cujos índices de refração absolutos são n_1, n_2 e n_3. Na interface das camadas com índices de refração n_2 e n_3, o raio sofre reflexão total.



Selecione a alternativa que indica a relação correta entre os índices de refração n_1, n_2 e n_3.
a) $n_1 > n_2 < n_3$.
b) $n_1 > n_2 = n_3$.
c) $n_1 > n_2 > n_3$.
d) $n_1 < n_2 < n_3$.
e) $n_1 < n_2 > n_3$.

10. (FATEC) Um observador encontra-se à beira de um pequeno lago de águas bem limpas, no qual se encontra imerso um peixe. Podemos afirmar que esse observador

a) não poderia ver esse peixe em hipótese alguma, uma vez que a água sempre é um meio opaco e, portanto, a luz proveniente do peixe não pode jamais atingir o olho do observador.

b) poderá não enxergar esse peixe, dependendo das posições do peixe e do observador, devido ao fenômeno da reflexão total da luz.

c) enxergará esse peixe acima da posição em que o peixe realmente está qualquer que seja a posição do peixe, devido ao fenômeno da refração da luz.

d) enxergará esse peixe abaixo da posição em que o peixe realmente está, qualquer que seja a posição do peixe, devido ao fenômeno da refração da luz.

e) enxergará esse peixe na posição em que o peixe realmente está, qualquer que seja a posição do peixe.

11. (FURG) A tabela mostra os índices de refração de alguns meios.

Meio	Índice de refração do meio
Ar	1,00
Água	1,33
Vidro	1,52
Diamante	2,42

As afirmativas são baseadas nesta tabela.

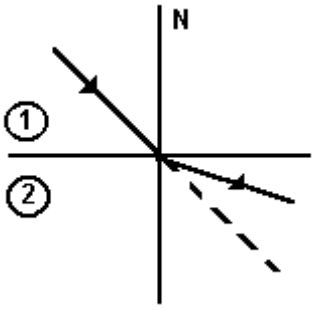
I – A velocidade da luz dentro do diamante é menor do que no interior do vidro.

II – A tabela acima é necessária para a determinação do ângulo de reflexão da luz que incide sobre o diamante, sendo o ar o meio de incidência.

III – Os valores da tabela indicam que a luz sobre a interface Água-Ar, sendo a água o meio de incidência, não sofre reflexão, qualquer que seja o ângulo de incidência.

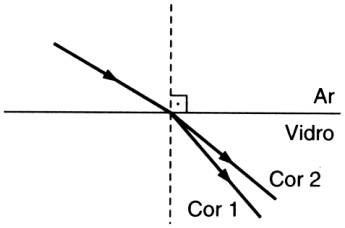
Assinale a alternativa que contém a(s) afirmativa(s) correta(s):
a) I
b) II
c) III
d) I e II
e) II e III

12. (FURG) Um raio luminoso, ao atravessar a superfície de separação entre os meios (1) e (2), se afasta da normal, conforme figura abaixo. Então podemos dizer que:



a) a velocidade de propagação da luz no meio (1) é maior que no meio (2).
b) a freqüência da radiação luminosa no meio (1) é maior que no meio (2).
c) a velocidade de propagação da luz no meio (1) é menor que no meio (2).
d) a freqüência da radiação luminosa no meio (1) é menor que no meio (2).
e) a velocidade e a freqüência da luz não se alteram ao passar do meio (1) para o meio (2).

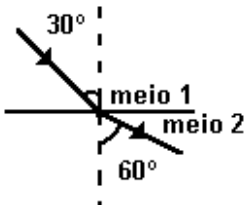
13. Um feixe de luz branca atravessa a superfície de separação entre o ar e o vidro, apresentando o fenômeno de dispersão, conforme mostra a figura.



Sejam n_1 e n_2 os índices de refração do vidro e, V_1 e V_2 as velocidades de propagação no vidro, respectivamente, para o raio de luz que sofre o maior desvio (cor 1 na figura) e para o que sofre o menor desvio (cor 2 na figura). É correto afirmar que:
a) $n_1 < n_2$ e $V_1 < V_2$.
b) $n_1 < n_2$ e $V_1 > V_2$.
c) $n_1 = n_2$ e $V_1 = V_2$.
d) $n_1 > n_2$ e $V_1 < V_2$.
e) $n_1 > n_2$ e $V_1 > V_2$

14. (UFRO) Para o esquema abaixo, qual é a razão n_1/n_2?

Dados: $\text{sen}30^o = \frac{1}{2}$, $\text{sen}60^o = \frac{\sqrt{3}}{2}$



a) $4\sqrt{3}$
b) $2\sqrt{3}$
c) $\sqrt{3}$
d) $2\sqrt{3}/3$
e) $\sqrt{3}/3$

15. (FURG) A visão de imagens especulares, semelhantes a poças d'água, em estradas nos dias quentes é explicada como sendo
a) reflexão total, pois a camada de ar junto ao leito da estrada, estando mais quente que as camadas superiores, apresenta índice de refração maior.
b) reflexão total, pois a camada de ar junto ao leito da estrada, estando mais quente que as camadas superiores, apresenta índice de refração menor.
c) refração da luz no asfalto da estrada.
d) reflexão da luz no asfalto da estrada.
e) ilusão ótica.

16. (FFFCMPA) Uma onda luminosa passa da água (meio 1) para o ar (meio 2). A respeito dessa onda, é correto afirmar que:
A) o comprimento de onda diminui.
B) a velocidade de propagação aumenta.
C) a freqüência aumenta.
D) a direção de propagação sempre se altera.
E) a cor da luz muda levemente.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

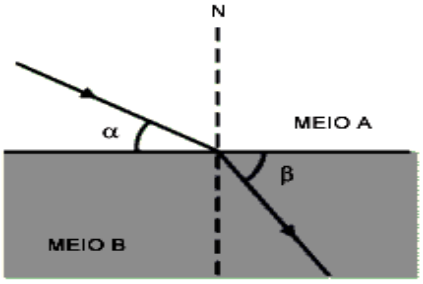
1. (Mackenzie) Um raio luminoso monocromático, ao passar do ar (n = 1,0) para a água, reduz sua velocidade de 25%. O índice de refração absoluto da água para esse raio luminoso é de aproximadamente:
a) 1,2.
b) 1,3.
c) 1,4.
d) 1,5.
e) 1,6.

2. (Cesgranrio) Um feixe de luz monocromática passa de um meio de índice de refração n_1 para outro, de índice de refração

n_2. A velocidade de propagação da luz no primeiro meio é v_1 e, no segundo, v_2. Assim, a razão n_1/n_2 é igual a:
a) $(v_1/v_2)^2$.
b) $(v_2/v_1)^2$.
c) v_1/v_2.
d) v_2/v_1.
e) $\sqrt{\frac{v_1}{v_2}}$.

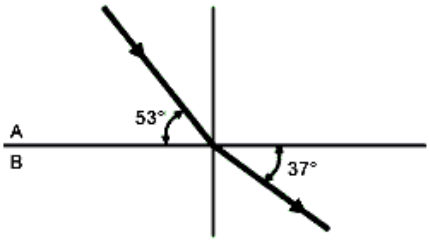
3. (Mackenzie) Um feixe luminoso monocromático atravessa um determinado meio homogêneo, transparente e isótropo, com velocidade de $2{,}4 \cdot 10^8$ m/s. Considerando a velocidade da luz na vácuo c = $3{,}0 \cdot 10^8$ m/s, o índice de refração absoluto deste meio é:
a) 1,25 m/s.
b) 1,25.
c) 0,8 m/s.
d) 0,8.
e) $7{,}2 \cdot 10^{16}$ m/s.

4. (Mackenzie) Quando um raio de luz monocromática, proveniente de um meio homogêneo, transparente e isótropo, identificado por meio A, incide sobre a superfície de separação com um meio B, também homogêneo, transparente e isótropo, passa a se propagar nesse segundo meio, conforme mostra a figura. Sabendo-se que o ângulo α é menor que o ângulo β, podemos afirmar que:



a) no meio A a velocidade de propagação da luz é menor que no meio B.
b) no meio A a velocidade de propagação da luz é sempre igual à velocidade no meio B.
c) no meio A a velocidade de propagação da luz é maior que no meio B.
d) no meio A a velocidade de propagação da luz é maior que no meio B, somente se βé o ângulo limite de incidência.
e) no meio A a velocidade de propagação da luz é maior que no meio B, somente se βé o ângulo limite de refração.

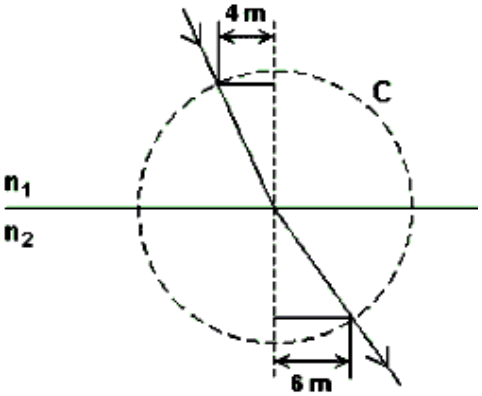
5. (Fatec) Na figura, um raio de luz monocromático se propaga pelo meio A, de índice de refração 2,0.



Dados: sen 37° = 0,60
sen 53° = 0,80

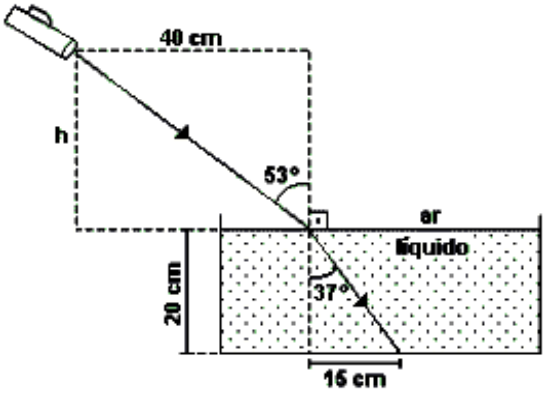
Devemos concluir que o índice de refração do meio B é:
a) 0,5.
b) 1,0.
c) 1,2.
d) 1,5.
e) 2,0.

6. (UFRGS) A figura representa um raio de luz monocromática que se refrata na superfície plana de separação de dois meios transparentes, cujos índices de refração são n_1 e n_2. Com base nas medidas expressas na figura, onde C é uma circunferência, pode-se calcular a razão n_2/n_1 dos índices de refração desses meios. Qual das alternativas apresenta corretamente o valor dessa razão?



a) 2/3.
b) 3/4.
c) 1.
d) 4/3.
e) 3/2.

7. (PUC-Campinas) De uma lanterna colocada no ar (n = 1,0) sai um estreito feixe de luz que incide na superfície de separação entre o ar e um líquido transparente, refratando-se conforme mostra a figura.O índice de refração do líquido é:

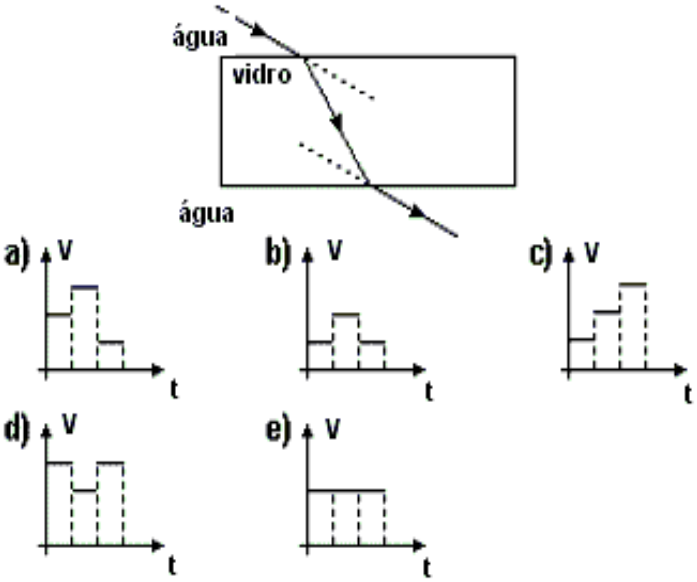


a) 1,28.
b) 1,33.
c) 1,39.
d) 1,46.
e) 1,51.

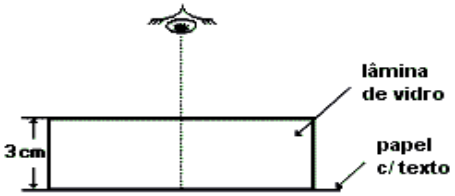
8. (UFSM) Um raio de luz é refletido totalmente na superfície de separação de dois meios a partir do ângulo limite de 45°. Sendo sen 45° = $\frac{\sqrt{2}}{2}$ e sen 90° = 1, assinale o índice de refração do meio de incidência. Considere que um dos meios é o ar, cujo índice de refração é igual a 1.

a) $\frac{\sqrt{2}}{2}$.
b) $1-\frac{\sqrt{2}}{2}$.
c) 1.
d) $\frac{2}{\sqrt{2}}$.
e) $2\sqrt{2}$.

9. (PUC-SP) Uma lâmina de vidro de faces paralelas está imersa na água. Sabe-se que o vidro é um meio mais refringente que a água e, portanto, seu índice de refração é maior que o da água. Para um raio de luz monocromática que passa da água para o vidro e chega novamente à água (figura), o gráfico que melhor representa a variação de sua velocidade de propagação em função do tempo é:

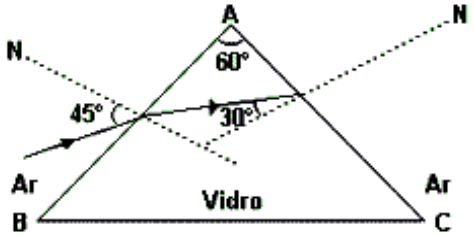


10. (UFC-CE) Uma folha de papel, com um texto impresso, está protegida por uma espessa placa de vidro. O índice de refração do ar é 1,0 e o do vidro 1,5. Se a placa tiver 3 cm de espessura, a distância do topo da placa à imagem de uma letra do texto, quando observada na vertical, é:



a) 1 cm.
b) 2 cm.
c) 3 cm.
d) 4 cm.

11. (PUC-Campinas) Um prisma de vidro, cujo ângulo de refringência é 60°, está imerso no ar. Um raio de luz monocromática incide em uma das faces do prisma sob ângulo de 45° e, em seguida, na segunda face sob ângulo de 30°, como está representado no esquema.



Dados:

sen 30° = $\frac{1}{2}$ sen 45° = $\frac{\sqrt{2}}{2}$ sen 60° = $\frac{\sqrt{3}}{2}$

Nessas condições, o índice de refração do vidro em relação ao ar, para essa luz monocromática vale:

a) $\frac{3\sqrt{2}}{2}$.

b) $\sqrt{3}$.

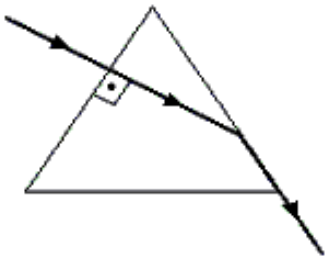
c) $\sqrt{2}$.

d) $\frac{\sqrt{6}}{2}$.

e) $\frac{2\sqrt{3}}{3}$.

12. (PUC-SP) Um raio de luz monocromática incide perpendicularmente em uma das faces de um prisma eqüilátero emerge de forma rasante pela outra face.

Considerando $\sqrt{3}$ = 1,73 e supondo o prisma imerso no ar, cujo índice de refração é 1, o índice de refração do material que constitui o prisma será, aproximadamente:



a) 0,08.
b) 1,15.
c) 2,00.
d) 1,41.
e) 2,82.

13. (UFRGS) Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo abaixo, na ordem em que elas aparecem.

As cores que compõem a luz branca podem ser visualizadas quando um feixe de luz, ao atravessar um prisma de vidro, sofre ....., separando-se nas cores do espectro visível. A luz de cor ..... é a menos desviada de sua direção de incidência e a de cor ..... é a mais desviada de sua direção de incidência.

a) dispersão – vermelha – violeta
b) dispersão – violeta – vermelha
c) difração – violeta – vermelha
d) reflexão – vermelha – violeta
e) reflexão – violeta – vermelha

14. (UEPB) Ao viajar num dia quente por uma estrada asfaltada, é comum enxergarmos ao longe uma "poça d'água". Sabemos que em dias de alta temperatura as camadas de ar, nas proximidades do solo, são mais quentes que as camadas superiores. Como explicamos essa miragem?

a) devido ao aumento de temperatura a luz sofre dispersão.
b) a densidade e o índice de refração absoluto diminuem com o aumento da temperatura. Os raios rasantes incidentes do Sol alcançam o ângulo limite e há reflexão total.
c) devido ao aumento de temperatura, ocorre refração com desvio.
d) ocorre reflexão simples devido ao aumento da temperatura.
e) devido ao aumento de temperatura, a densidade e o índice de refração absoluto aumentam. Os raios rasantes incidentes do Sol alcançam o ângulo limite e sofrem reflexão total.

15. (Olimpíada Paulista de Física) Um fenômeno que ocorre em dias chuvosos é a formação do arco-íris. Considere as afirmações abaixo.

I. As cores do arco-íris surgem devido ao fenômeno da reflexão da luz na superfície externa das gotículas de água.
II. As cores do arco-íris são próprias das gotículas de água, não dependendo da luz incidente.
III. As cores do arco-íris surgem devido ao fenômeno da dispersão da luz que ocorre com a incidência da luz solar em gotículas de água.

Com relação às afirmações, podemos dizer que:

a) todas são corretas.
b) nenhuma é correta.
c) apenas I é correta.
d) apenas II é correta.
e) apenas III é correta.

16. (FATEC) Dada a sentença *"Ao passar por um bloco de vidro a luz branca se decompõe..."* e as afirmações

I - devido ao fenômeno da difração da luz.

II - porque o vidro apresenta índices de refração diferentes para cada cor que compõe a luz branca.

III - apenas quando o índice de refração do vidro for menor do que o índice de refração de cada uma das cores em que a luz é decomposta.

A sentença pode ser completada corretamente apenas por

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

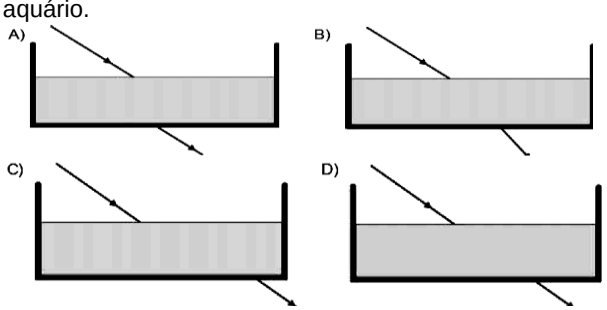
17. (CEFETSP) Em uma aldeia indígena, um sábio pajé deu o seguinte conselho para os jovens da tribo:

Para pescar um peixe no rio, devemos acertar a lança na alma do peixe...

Com base nesse conselho do pajé e sabendo que a luz, ao atravessar a superfície de separação de dois meios transparentes, sofre um desvio (fenômeno chamado de refração), para que o índio acerte a alma do peixe é necessário que ele lance a sua flecha.

a) abaixo da posição em que vê a imagem do peixe, pois a velocidade de propagação da luz na água é menor que no ar.
b) na mesma posição em que observa a imagem do peixe, pois a velocidade de propagação da luz é a mesma na água e no ar.
c) acima da posição em que observa a imagem do peixe, uma vez que o índice de refração da água é menor que o do ar.
d) na mesma posição em que vê a imagem do peixe, pois os raios de luz não sofrem refração ao passarem da água para o ar.

18. (UFMG) Um feixe de luz, vindo do ar, incide sobre um aquário de vidro com água. Sabe-se que a velocidade da luz é menor na água e no vidro que no ar. Com base nessas informações, assinale a alternativa em que **melhor** se representa a trajetória do feixe de luz entrando e saindo do aquário.



19. (UFRS) Considere o seguinte texto:

Certos raios luminosos, como os do Sol, ao se transmitirem de um meio transparente para outro, podem dar origem a vários raios refratados de cores diferentes, cada um com uma inclinação própria. Muitas vezes esse fenômeno não é percebido pelo olho humano porque esses raios, estando muito próximos uns dos outros ou superpostos, dão a sensação de uma só cor, geralmente branca. Entretanto, para certos meios, com uma incidência adequada da luz, esse fenômeno de separação de cores é perfeitamente visível.

O fenômeno abordado no texto acima é conhecido como:

a) reflexão
b) difração
c) dispersão
d) interferência
e) polarização

20. (UFRGS) A decomposição da luz em suas cores componentes (dispersão da luz) pode ser obtida fazendo-se um feixe de luz branca atravessar um prisma de vidro. Cada cor é desviada, diferentemente, pelo prisma. Das seguintes afirmações:

I - O vermelho é a cor que menos se desvia.

II - Ao menor comprimento de onda corresponde o maior desvio.

III - Ao maior comprimento de onda, o prisma oferece o menor índice de refração.

Qual está correta ou quais estão corretas?

a) Apenas I.
b) Apenas I e III.
c) Apenas II e III.
d) Todas elas.
e) Nenhuma delas.

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) A	2) B	3) B	4) D	5) C	
6) A	7) D	8) B	9) C	10) C	
11) A	12) C	13) D	14) C	15) B	16) B

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

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

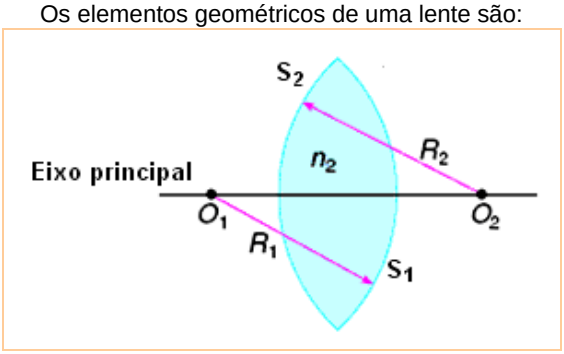
MÓDULO 5

V – LENTES ESFÉRICAS DELGADAS

5.1- CONCEITO

Uma lente esférica é um corpo homogêneo e transparente, limitado por duas superfícies esféricas ou uma esférica e outra plana.

Os elementos geométricos de uma lente são:

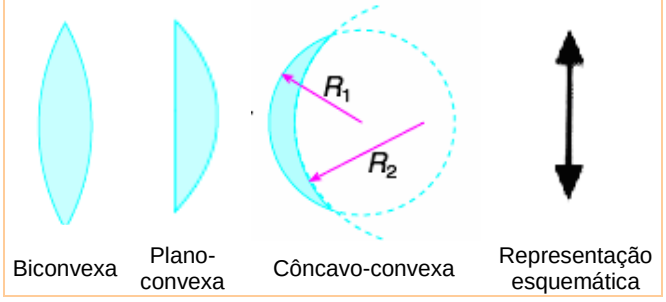


- O_1 e O_2 ⇒ centros de curvatura;
- R_1 e R_2 ⇒ raios de curvatura;
- O_1O_2 ⇒ eixo principal;
- V_1 e V_2 ⇒ vértices;
- V_1V_2 ⇒ espessura;
- S_1 e S_2 ⇒ superfícies que limitam a lente.

5.2- NOMENCLATURA E TIPOS

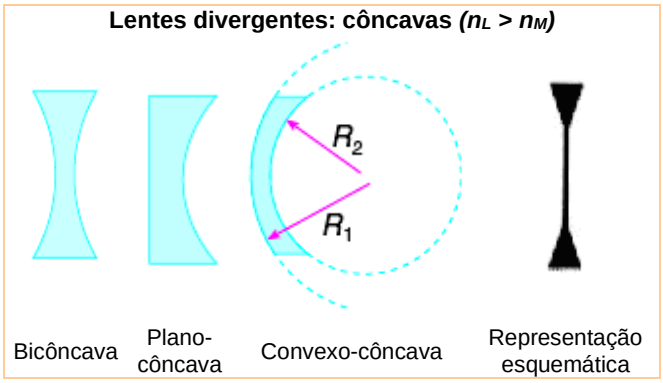
1- Lentes de Bordos Finos (Delgados)

Lentes convergentes: convexas ($n_L > n_M$)



2- Lentes de Bordos Espessos (grossos)

Lentes divergentes: côncavas ($n_L > n_M$)

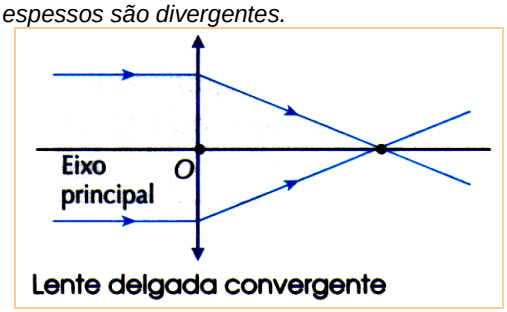


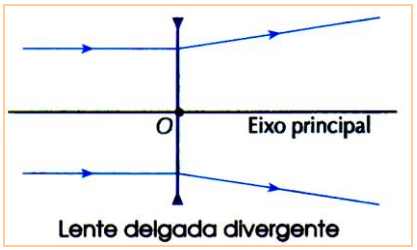
5.3- COMPORTAMENTO ÓPTICO

Sendo n_L o índice de refração da lente e n_{meio} o índice de refração do meio onde a lente está imersa, temos os casos resumidos na tabela abaixo:

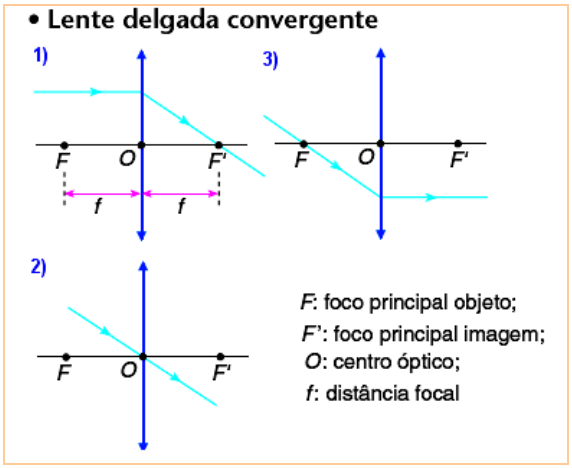
Lente	Bordas delgadas	Bordas espessas
Convergente	$n_{lente} > n_{meio}$	$n_{lente} < n_{meio}$
Divergente	$n_{lente} < n_{meio}$	$n_{lente} > n_{meio}$

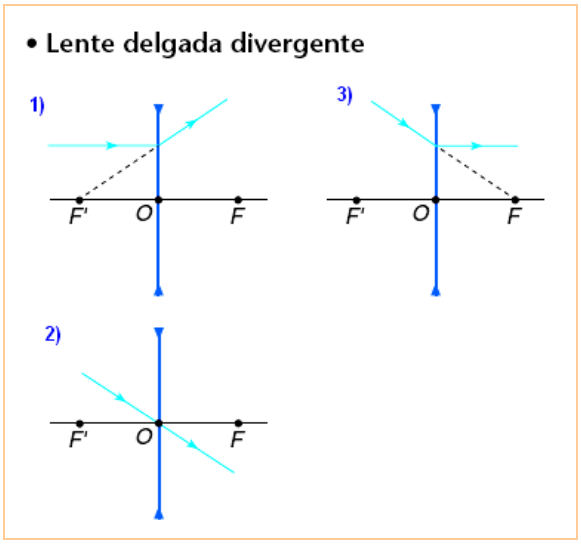
No ar, as lentes de bordos delgados são convergentes e as de bordos espessos são divergentes.





5.4- RAIOS NOTÁVEIS





1- Todo raio de luz que incide paralelamente ao eixo principal emerge da lente numa direção que passa pelo foco principal imagem F'.

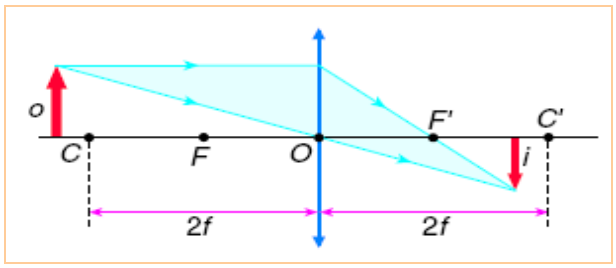
2- Todo raio de luz que incide numa direção que passa pelo centro de óptico não sofre desvio ao atravessar a lente.

3- Todo raio que incide por uma direção que passa pelo foco principal objeto F emerge da lente paralelamente ao eixo principal.

5.5- OBTENÇÃO GEOMÉTRICA DE IMAGENS

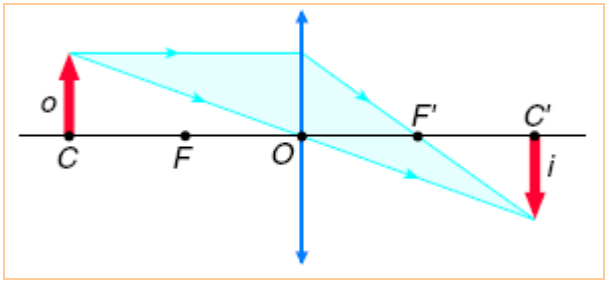
1- Lente Convergente

1º) Objeto além do ponto antiprincipal objeto C.



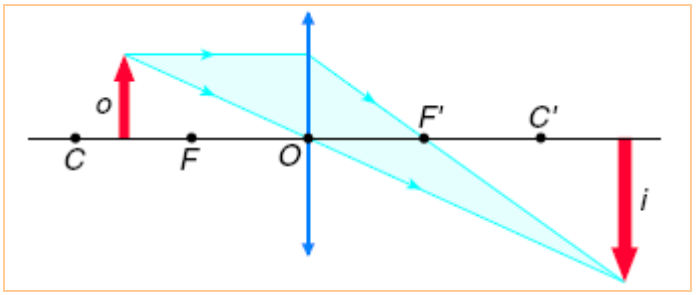
A imagem é real, invertida e menor.

2º) Objeto sobre o ponto antiprincipal objeto C.



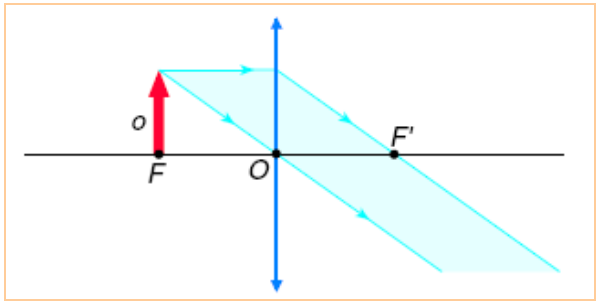
A imagem é real, invertida e do mesmo tamanho.

3º) Objeto entre o ponto antiprincipal objeto C e o foco principal objeto F.



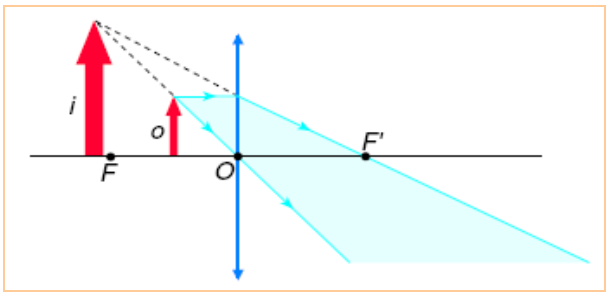
A imagem é real, invertida e maior.

4º) Objeto sobre o foco principal objeto F.



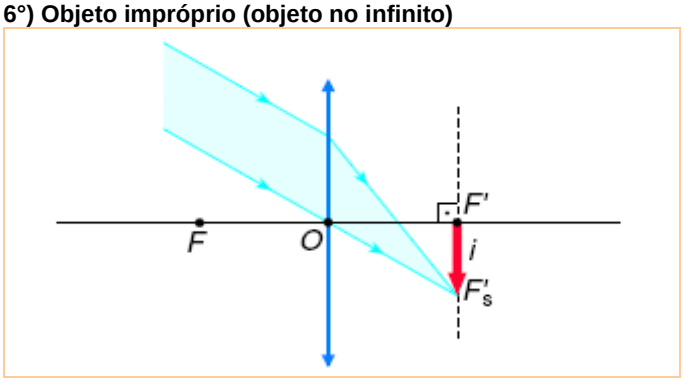
A imagem é imprópria (imagem no infinito).

5º) Objeto entre o foco principal objeto F e o centro óptico O.



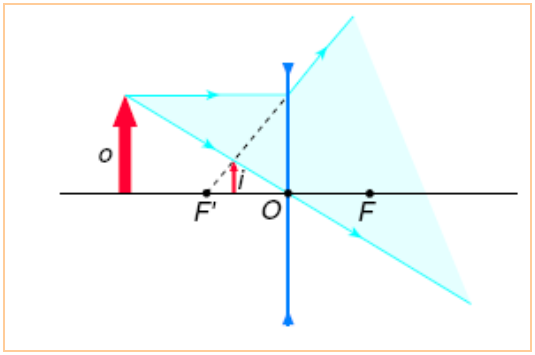
A imagem é virtual, direita e maior.

6°) Objeto impróprio (objeto no infinito)



A imagem está no plano focal.

2- Lente Divergente

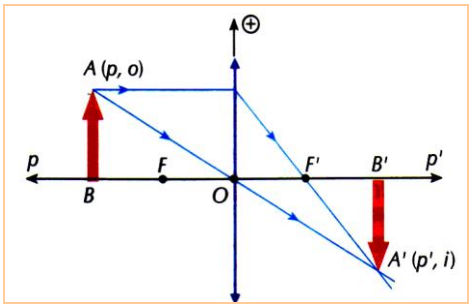


A imagem é virtual, direita e menor.

5.6- OBTENÇÃO ANALÍTICA DE IMAGENS

Sejam p a distância de um objeto ao espelho, p' a distância da imagem ao espelho, e f a distância focal do espelho, temos:

a) EQUAÇÃO DE GAUSS:



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

b) EQUAÇÃO DO AUMENTO LINEAR TRANSVERSAL:

$$A = \frac{i}{\theta} = -\frac{p'}{p}$$

c) CONVENÇÃO DE SINAIS:

$$f\begin{cases} +\text{lente convergente} = \text{espelho côncavo} \\ -\text{lente divergente} = \text{espelho convexo} \end{cases}$$

$$p'\begin{cases} +\ \text{imagem real} \\ -\text{imagem virtual} \end{cases}$$

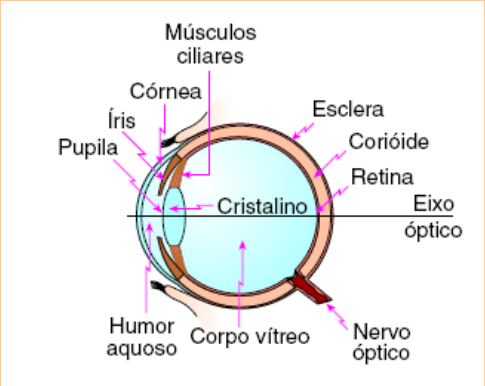
$$A\begin{cases} +\ \text{imagem direita} \\ -\text{imagem invertida} \end{cases}$$

5.7- VERGÊNCIA

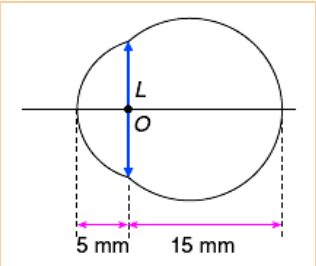
Para medir o poder de uma lente em convergir raios de luz, define-se uma nova grandeza que será denominada Vergência ou Convergência da lente. Define-se Vergência V de uma lente como sendo o inverso de sua distância focal.

$$\boxed{V = \frac{1}{f}} \qquad \text{S.I.} \Rightarrow \frac{1}{m} = m^{-1} = di$$

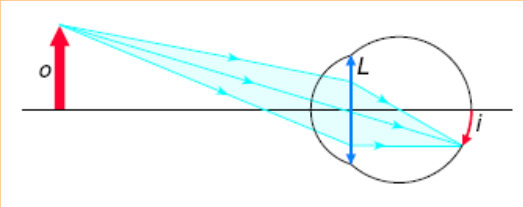
5.8- O OLHO HUMANO



Olho reduzido é a representação esquemática do olho humano, no qual os meios transparentes (córnea, humor aquoso, cristalino e corpo vítreo) são representados por uma única lente convergente *L*, situada a 5 mm da córnea e a 15 mm da retina (fundo do olho).



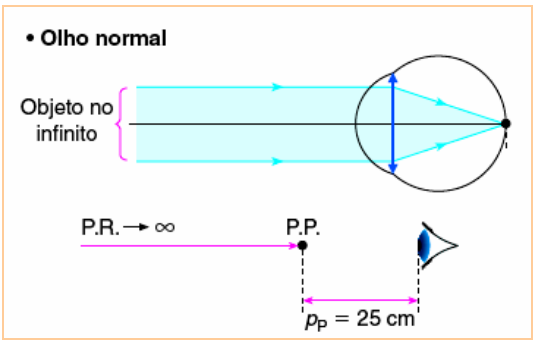
A **imagem retiniana** de um objeto visado é real, invertida e reduzida.



A **acomodação visual** é o mecanismo pelo qual o olho humano altera a vergência do cristalino, permitindo à pessoa normal enxergar nitidamente desde uma distância de aproximadamente 25 cm até o infinito.

Ponto remoto é a posição mais afastada que pode ser vista nitidamente, sem esforço de acomodação. Para a pessoa de visão normal está situado no infinito.

Ponto próximo é a posição mais próxima que pode ser vista nitidamente, realizando esforço máximo de acomodação. Na pessoa de visão normal, situa-se, convencionalmente, a 25 cm, sendo essa a **distância mínima convencional de visão distinta**.

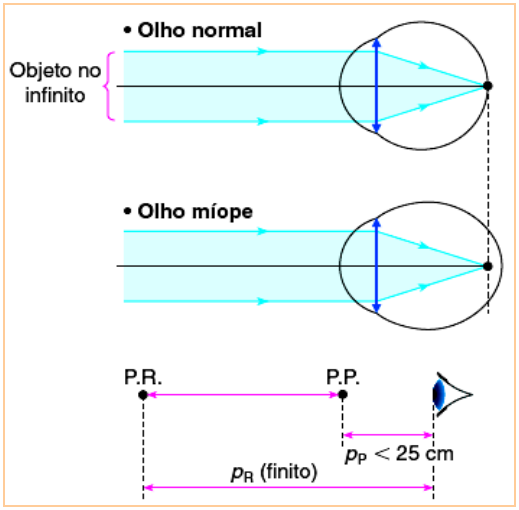


5.9- DEFEITOS DA VISÃO

Ametropias é o nome genérico dos **defeitos da visão**, nos quais há alteração do intervalo de acomodação, dentro do qual um objeto pode ser visto nitidamente por um observador. As ametropias mais comuns são a **miopia**, a **hipermetropia** e a **presbiopia** ou **vista cansada**.

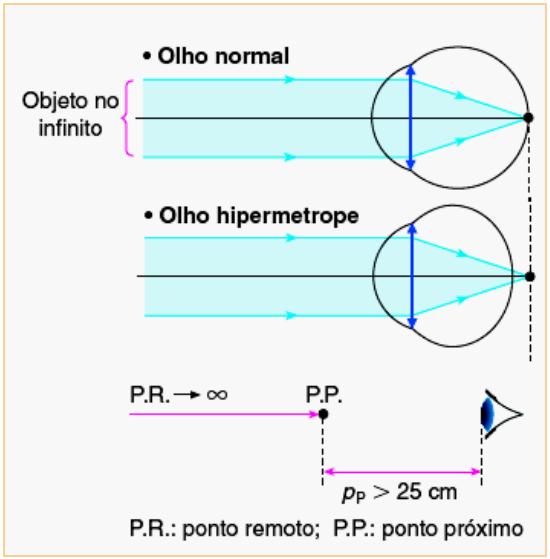
a- Miopia

O observador não consegue ver com nitidamente objetos afastados, em virtude de um alongamento do globo ocular. As imagens formam-se na frente da retina. Correção: *Lente Divergente*.



b- Hipermetropia

O observador não consegue ver com nitidez os objetos próximos, em virtude do encurtamento do globo ocular. As imagens formam-se atrás da retina. Correção: *Lente Convergente*.



c- Presbiopia

Quando uma pessoa envelhece, os músculos ciliares perdem um pouco de sua elasticidade e provocam um enrijecimento do cristalino, em virtude da capacidade de acomodação visual.

Em razão disso, há o afastamento do ponto próximo e a dificuldade de visão nítida de objetos próximos, embora a visão para pontos distantes permaneça normal.

A presbiopia pode ser corrigida com o uso de lentes convergentes.

d- Astigmatismo

É uma imperfeição em que as superfícies que formam o globo ocular apresentam diferentes raios de curvatura, isto é, existe uma falta de simetria de revolução em torno do eixo óptico.

Pode ser corrigido com o uso de lentes tóricas (cilíndricas), que compensam as diferenças entre os raios de curvatura.

e- Estrabismo

É uma anomalia que consiste no desvio do eixo óptico do globo ocular. Pode ser corrigido com o uso de lentes prismáticas.

EXERCÍCIOS DE AULA

1. (MACK) Uma lente biconvexa é

a) sempre convergente.

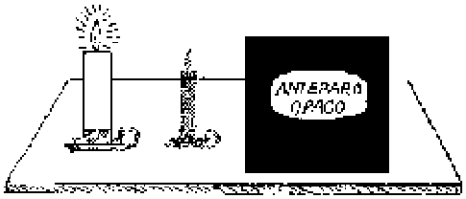
b) sempre divergente.

c) convergente somente se o índice de refração absoluto do meio que a envolve for maior que o índice de refração absoluto do material que a constitui.

d) convergente somente se o índice de refração absoluto do meio que a envolve for menor que o índice de refração absoluto do material que a constitui.

e) divergente somente se o índice de refração absoluto do meio que a envolve for menor que o índice de refração absoluto do material que a constitui.

2. (UFPEL) Para sondar o conhecimento dos alunos, em uma aula de Óptica, o professor monta um sistema ótico escondido por um anteparo opaco. Os estudantes percebem, então, que do objeto real "**O**" forma-se a imagem "**I**", conforme o diagrama abaixo.



Sabendo que o professor dispõe de espelhos planos e esféricos, e de lentes esféricas delgadas, responda às questões seguintes e justifique suas respostas.

a) Qual o sistema ótico, composto por uma única peça, que o professor está utilizando para obter a imagem ilustrada?
b) A imagem obtida pode ser projetada sobre um anteparo?

3. (UFPEL) A lupa é um instrumento ótico barato, fácil de ser encontrado no comércio e com inúmeras utilidades. O modelo de lente delgada pode descrever com boa aproximação o funcionamento desse instrumento. Abaixo tem-se o efeito da lupa.

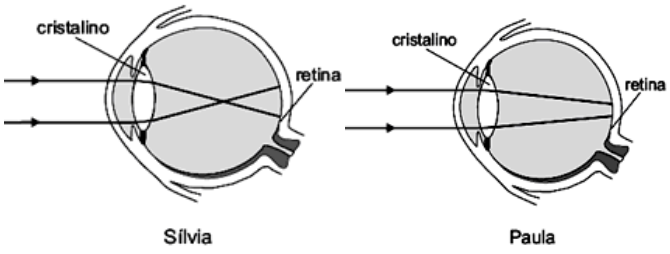
a) Que tipo de lente delgada é usado em uma lupa?
b) Faça a construção geométrica da imagem ampliada, que a lupa fornece, da letra **i** da palavra imagem.

4. (FUVEST) A distância entre um objeto a uma tela é de 80 cm. O objeto é iluminado e, por meio de uma lente delgada posicionada adequadamente entre o objeto e a tela, uma imagem do objeto, nítida e ampliada 3 vezes, é obtido sobre a tela. Para que isto seja possível, a lente deve ser:

a) convergente, com distância focal de 15 cm, colocada a 20 cm do objeto.
b) convergente, com distância focal de 20 cm, colocada a 20 cm do objeto.
c) convergente, com distância focal de 15 cm, colocada a 60 cm do objeto.
d) divergente, com distância focal de 15 cm, colocada a 60 cm do objeto.
e) divergente, com distância focal de 20 cm, colocada a 20 cm do objeto.

5. (VUNESP) Uma lupa torna a imagem de um objeto 5 vezes maior. Para isso, objeto é colocado a 4,0 cm da lente. Pode-se afirmar que a vergência dessa lupa, em dioptrias, é de
a) 30
b) 20
c) 15
d) 10
e) 5

6. (UFMG) Após examinar os olhos de Sílvia e de Paula, o oftalmologista apresenta sua conclusões a respeito da formação de imagens nos olhos de cada uma delas, na forma de diagramas esquemáticos, como mostrado nestas figuras:



Com base nas informações contidas nessas figuras, é **CORRETO** afirmar que

a) apenas Sílvia precisa corrigir a visão e, para isso, deve usar lentes divergentes.
b) ambas precisam corrigir a visão e, para isso, Sílvia deve usar lentes convergentes e Paula, lentes divergentes.
c) apenas Paula precisa corrigir a visão e, para isso, deve usar lentes convergentes.
d) ambas precisam corrigir a visão e, para isso, Sílvia deve usar lentes divergentes e Paula, lentes convergentes.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (UNIFOR-CE) As figuras representam os perfis de lentes de vidro:

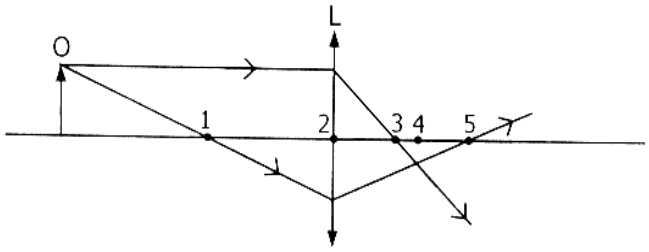
Pode-se afirmar que, imersas no ar:
a) todas são convergentes.
b) todas são divergentes.
c) I e II são convergentes e III é divergente.
d) II e III são convergentes e I é divergente.
e) I e III são convergentes e II é divergente.

2. (FATEC) A lupa é uma lente convergente usada para fornecer uma imagem direita e ampliada de um objeto.

O objeto deve ser colocado
a) entre a lente e o seu foco, e a imagem é virtual.
b) entre a lente e o seu foco, e a imagem é real.
c) além do foco da lente, e a imagem é virtual.
d) além do foco da lente, e a imagem é real.
e) no foco da lente, e a imagem é real.

3. (UFAM) Um objeto real com 5 cm de altura é colocado perpendicularmente ao eixo principal de uma lente esférica divergente, cuja distância focal é -10cm, a uma distância de 40 cm do centro óptico da lente. Sobre a natureza e o tamanho da imagem produzida pela lente, podemos afirmar que é:
a) Real, direita e mede 5 cm de altura.
b) Real, invertida e mede 1 cm de altura.
c) Virtual, direita e mede 1 cm de altura.
d) Virtual, invertida e mede 1 cm de altura.
e) Virtual, direita e mede 5 cm de altura.

4. (UFRGS) Na figura abaixo, L representa uma lente convergente de vidro, imersa no ar, e O representa um objeto luminoso colocado diante dela. Dentre os infinitos raios de luz que atingem a lente, provenientes do objeto, estão representados apenas dois. Os números na figura identificam pontos sobre o eixo ótico da lente.



Analisando a figura, conclui-se que apenas um, dentre os cinco pontos, está situado no plano focal da lente. O número que identifica esse ponto é
a) 1
b) 2
c) 3
d) 4
e) 5

5. (PUC-PR) Um objeto real é colocado perpendicularmente ao eixo principal de uma lente delgada convergente de distância focal 30 cm, a 20 cm dela. A imagem é:
a) virtual, invertida, maior que o objeto.
b) virtual, direita, menor que o objeto.
c) real, invertida, maior que o objeto.
d) real, invertida, menor que o objeto.
e) virtual, direita, maior que o objeto.

6. (FURG) Um objeto real está colocado diante de uma lente convergente imersa no ar. A imagem desse objeto se forma no mesmo lado numa posição cuja distância à lente é maior do que a distância do objeto à lente. Nessa situação, a imagem formada é:
a) virtual, direita e maior do que o objeto.
b) virtual, invertida e maior do que o objeto.
c) real, invertida e menor que o objeto.
d) real, direita e menor que o objeto.
e) real, invertida e maior que o objeto.

7. (UFSM) Indique se é verdadeira (V) ou falsa (F) cada uma das alternativas a seguir.

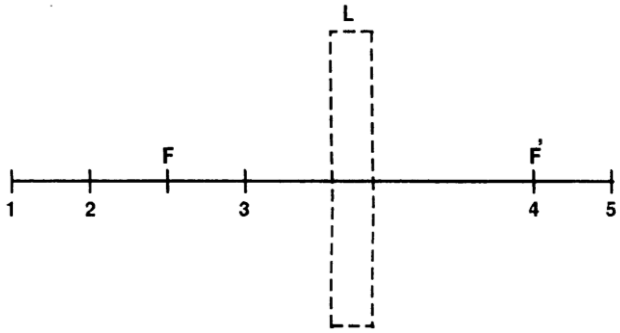
( ) Todo raio de luz que incide numa lente delgada convergente e passa pelo foco, emerge paralelamente ao eixo ótico.

( ) Todo raio de luz que incide numa lente delgada divergente emerge, de modo que o seu prolongamento passa pelo foco.

( ) Todo raio de luz que incide numa lente delgada e passa pelo centro ótico, não sofre desvio, independentemente de a lente delgada ser convergente ou divergente.

A seqüência correta é:
a) F – F – V
b) V – F – V
c) V – V – F
d) F – F – F
e) V – V – V

8. (PUC) No espaço tracejado deve ser colocada uma lente L com seus respectivos focos principais F e F'. Um objeto real pode ser colocado em qualquer uma das posições de 1 a 5, como indica a figura.



Para que a lente L produza uma imagem virtual, direita e maior do que o objeto, ela deve ser

a) divergente e o objeto deve estar na posição 1.
b) divergente e o objeto deve estar na posição 2.
c) convergente e o objeto deve estar na posição 3.
d) convergente e o objeto deve estar na posição 4.
e) convergente e o objeto deve estar na posição 5.

9. (UFPA) Um objeto real, situado a 20 cm de distância de uma lente delgada, tem uma imagem virtual situada a 10 cm de distância da lente. A vergência dessa lente vale, em dioptrias:
a) –5
b) -1
c) -0,2
d) 2
e) 4

10. (UFRS) Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do seguinte texto.

Uma pessoa vê nitidamente um objeto quando a imagem desse objeto se forma sobre a retina. Em pessoas míopes, a imagem se forma à frente da retina. Em pessoas hipermétropes, os raios de luminosos são interceptados pela retina antes de formarem a imagem (diz-se, então, que a imagem se forma através da retina).

Pessoas míopes devem usar óculos com lentes ..... e pessoas hipermétropodes devem usar óculos com lentes .....

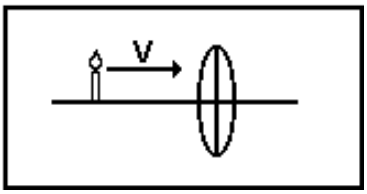
a) convergente – biconvexas
b) convergentes – divergentes
c) plano–convexas – divergentes
d) divergentes – bicôncavas
e) divergentes – convergentes

11. A correção para o astigmatismo pode ser feita por:
a) lente esférica convergente
b) lente esférica divergente
c) lente esférica côncavo-convexa
d) lente esférica plano-convexa
e) lente cilíndrica

12. A hipermetropia é um defeito do olho que deve ser corrigido com uso de lentes:
a) esféricas convergentes
b) esféricas divergentes
c) cilíndricas
d) parabólicas
e) nenhuma das anteriores

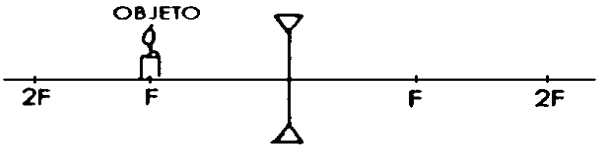
13. (UCS) Uma máquina fotográfica simples é constituída por uma câmara escura provida de uma lente convergente e de um filme colocado num plano perpendicular ao eixo óptico da lente. Nessa situação, a imagem gravada no filme, em relação ao objeto fotografado, será:
a) real e direita.
b) real e invertida.
c) real e maior.
d) virtual e invertida.
e) virtual e menor.

14. (FURG) Um objeto encontra-se em movimento, com velocidade **v**, em direção a uma lente convergente.



Podemos afirmar que:
a) enquanto o objeto se encontra antes do foco sua imagem é real, menor e invertida. Quando ele se encontra entre o foco e a lente, sua imagem é virtual, menor e invertida.
b) enquanto o objeto se encontra antes do foco sua imagem pode ser real, menor e invertida. Quando ele se encontra entre o foco e a lente, sua imagem é virtual, maior e direta.
c) enquanto o objeto se encontra antes do foco sua imagem é real, menor e invertida. Quando ele se encontra entre o foco e a lente, sua imagem continua sendo real, menor e invertida.
d) enquanto o objeto se encontra antes do foco sua imagem é virtual, maior e direta. Quando ele se encontra entre o foco e a lente, sua imagem continua virtual, maior e direta.
e) enquanto o objeto se encontra antes do foco sua imagem é virtual, maior e direta. Quando ele se encontra entre o foco e a lente, sua imagem é real, menor e invertida.

15. (UFSM)



A figura representa um objeto colocado sobre o foco de uma lente delgada divergente. A imagem formada será:
a) virtual, direta e menor
b) virtual, invertida e maior
c) real, direta e menor
d) real, direta e maior
e) real, invertida e maior

16. (PUCRS) Em relação a fenômenos ópticos e suas aplicações, é correto afirmar:
A) A refração da luz é o fenômeno pelo qual, ao passar de um meio para outro, a velocidade da luz permanece a mesma, ainda que sua direção de propagação sofra uma mudança.
B) A imagem real ou virtual de um objeto, obtida por meio de espelhos planos ou esféricos, provém da reflexão da luz por esses espelhos.
C) A imagem formada por um espelho plano é sempre real.
D) As fibras ópticas são aplicações tecnológicas da reflexão total, fenômeno pelo qual a luz passa de um meio menos refringente para outro mais refringente.
E) Defeitos de visão como a miopia e a hipermetropia, nos quais a imagem é formada, no primeiro caso, antes da retina e, no segundo, depois da retina, são corrigidos com lentes convergentes e divergentes, respectivamente.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (UFSM) Um objeto está sobre o eixo ótico e a uma distância p de uma lente convergente de distância focal f. Sendo p maior que f e menor que 2f, pode-se afirmar que a imagem será
a) virtual e maior que o objeto
b) virtual e menor que o objeto,
c) real e maior que o objeto.
d) real e menor que o objeto.
e) real e igual ao objeto.

2. (FURG) Uma lente convergente possui uma distância focal de15 cm.
Para esse instrumento óptico, é possível afirmar que
a) todas as imagens formadas são reais, independentemente da posição do objeto
b) todas as imagens formadas têm tamanho menor que o objeto
c) as imagens virtuais são sempre menores e invertidas
d) para ele funcionar como lupa o objeto deve ser colocado a menos de 15 cm da lente
e) para se observar o objeto com nitidez, ele deve ser colocado no foco da lente

3. (PUC) Para obter-se, a partir de um objeto real, uma imagem virtual, menor e direita, deve-se utilizar
a) um espelho plano.
b) um espelho côncavo.
c) uma lente convergente.
d) uma lente divergente.
e) uma lente biconvexa.

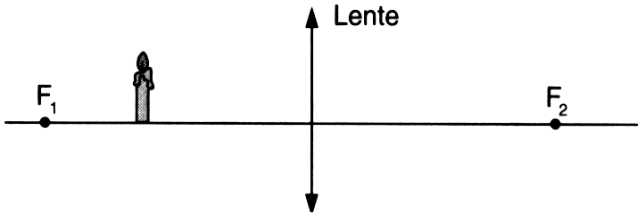
4. (UFSM) Uma receita de óculos indica uma lente de 0,25 dioptrias de convergência. Isso significa que será confeccionada uma lente com distância focal (m) de:
a) 0,25
b) 0,50
c) 2,00
d) 2,50
e) 4,00

5. (ACAFE) Correlacione a coluna da direita com a da esquerda, na verificação de conhecimentos de Óptica:

(1)	ângulo de incidência = ângulo de reflexão	( )	espelho plano
(2)	$n_1 sen\theta_1 = n_2 sen\theta_2$	( )	lente convergente
(3)	distância da imagem ao espelho = distância do objeto ao espelho	( )	lei da refração
		( )	lei da reflexão
(4)	distância focal = metade do raio de curvatura	( )	espelho esférico
(5)	distância focal positiva		

A seqüência numérica, de cima para baixo, deve ser:
a) 5 - 4 - 1 - 2 - 3
b) 2 - 4 - 3 - 5 - 1
c) 3 - 5 - 2 - 1 - 4
d) 3 - 4 - 2 - 1 - 5
e) 2 - 5 - 1 - 3 - 4

6. Uma vela é colocada sobre o eixo principal de uma lente convergente cujos focos principais são F_1 e F_2, como está indicado no esquema abaixo.



A imagem da vela conjugada pela lente é:
a) real, direita e maior que a vela.
b) real, invertida e menor que a vela.
c) virtual, direita e menor que a vela.
d) virtual, direita e maior que a vela.
e) virtual, invertida e maior que a vela.

7. (UNISINOS)

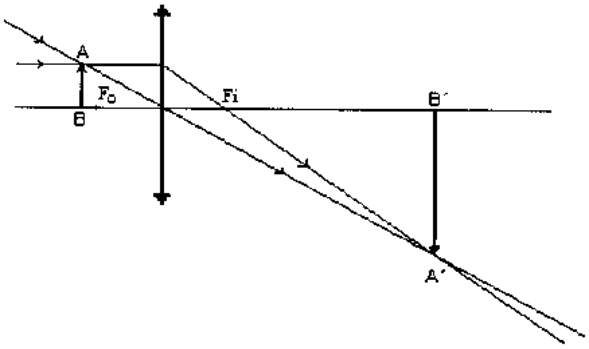
Uma lupa ou lente de aumento é uma lente ..... e .....

As lacunas são corretamente preenchidas, respectivamente, por
a) plano-convexa; divergente
b) biconvexa; divergente
c) bicôncava; convergente
d) bicôncava; divergente
e) biconvexa; convergente

8. (FURG) A figura mostra o esquema óptico de um projetor de slides. Ressalte-se que a figura é apenas ilustrativa, sem compromisso de escala com os dados do problema.

O slide AB projeta uma imagem ampliada A'B' de 20 vezes na tela. A lente objetiva tem uma distância focal de 10 cm.

A distância da lente objetiva até a imagem na tela é



a) 10,0 cm.
b) 10,5 cm.
d) 21,0 cm.
c) 20,0 cm.
e) 210 cm.

9. (FURG) A imagem que um olho míope forma de um objeto próximo será
a) entre a retina e o cristalino.
b) na retina.
c) atrás da retina.
d) no ponto cego.
e) na frente do cristalino.

10. (UFPEL) Desde 1991, o Observatório de Lund, na Suécia, vem estudando a possibilidade de construir telescópios ópticos extremamente grandes. Ultimamente, o Observatório de Lund propôs a construção de um telescópio que deverá ter um espelho primário esférico (ou seja, aproximadamente parabólico) de 50 metros e uma óptica adaptativa completa.

Esta consiste no processo pelo qual distorções (como aquelas que se originam por causa da atmosfera da Terra) são removidas da imagem de um telescópio em tempo real. Um sistema de óptica adaptativa, em geral, sente primeiro a natureza da distorção e, então, usa um espelho flexível, controlado por computador, para corrigir a imagem do objeto que está sendo observado.

A grande vantagem de um sistema de óptica adaptativa é que ele fornece a capacidade de vermos detalhes muito mais refinados do que seria possível normalmente, usando telescópios baseados na Terra, que não possuem esse sistema. Esse telescópio extremamente grande pesará, aproximadamente, 5000 toneladas e terá cerca de 100 metros de altura.

www.on.br (Observatório Nacional) [adapt.].

Com base em seus conhecimentos sobre Óptica Geométrica, analise as afirmativas abaixo.

I. Um dispositivo óptico que, quando imerso no ar, forma imagem virtual reduzida de um objeto real pode ser uma lente divergente de vidro.

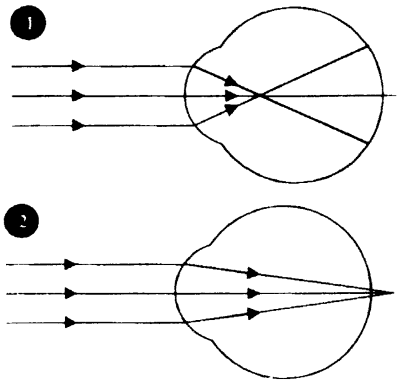
II. Para visualizar o próprio rosto, com mais detalhes, ou seja, observar uma imagem ampliada do rosto, costuma-se usar um espelho convexo.

III. Ao passar do vidro para o ar, a velocidade de um raio de luz monocromática aumentou 50%. Nessas condições, o índice de refração do vidro em relação ao ar é ½.

IV. Na passagem da luz de um meio mais refringente para outro menos refringente poderá ocorrer a reflexão total.

Estão corretas apenas as afirmativas:
a) I, III e IV.
b) I e II.
c) II e III.
d) I e IV.
e) II e IV.

11. Os esquemas correspondem a um olho míope (1) e um olho hipermétrope (2). As lentes corretivas devem ser respectivamente, para (1) e (2):



a) divergente e convergente
b) divergente e divergente
c) biconvexa e bicôncava
d) convergente e divergente
e) convergente e convergente

12. (UCPel) Uma lente convergente recebe um feixe de raios solares, incidindo paralelamente ao eixo principal. A imagem do sol forma-se:
a) no foco da imagem da lente.
b) no foco objeto e a lente.
c) no infinito.
d) entre o foco objeto e a lente.
e) entre o foco imagem e a lente.

13. (UFRS) Uma câmara fotográfica, para fotografar objetos distantes, possui uma lente teleobjetiva convergente, com distância focal de 200 mm. Um objeto real está a 300 m da objetiva; a imagem que se forma, então sobre o filme fotográfico no fundo da câmara é
a) real, não-invertida e menor do que o objeto.
b) virtual, invertida e menor do que o objeto.
c) real, invertida e maior do que o objeto.
d) virtual, não-invertida e maior do que o objeto.
e) real, invertida e menor do que o objeto.

14. (FURG) O funcionamento de uma lente se baseia, fundamentalmente, no fenômeno da:
a) difusão
b) difração
c) polarização
d) reflexão
e) refração

15. (UFRS) Quais os dispositivos ópticos que, quando imersos no ar, formam uma imagem virtual e menor do que um objeto real?
a) espelho plano e lente divergente de vidro.
b) espelho plano e lente convergente de vidro.
c) espelho côncavo e lente divergente de vidro.
d) espelho convexo e lente convergente de vidro.
e) espelho convexo e lente divergente de vidro.

16. (UFSE) A medida da vergência ou convergência de uma lente é dada em dioptrias que, na linguagem popular, é conhecida como “grau”. A dioptria é definida como o inverso da distância focal, medida em metros. Logo, a vergência de uma lente de 25 cm de distância focal, em dioptrias, é:
a) 0,04
b) 0,25
c) 0,4
d) 2,5
e) 4,0

17. (PUC) Uma lente possui uma convergência óptica de valor –2 di. Nesse caso, podemos afirmar que o módulo da distância focal e o tipo de lente são respectivamente:
a) 50cm, convergente;
b) 0,5cm, convergente;
c) 2cm, divergente;
d) 0,5cm, divergente;
e) 50cm, divergente.

18. (MACK) A distância entre um objeto real de 15 cm de altura, colocado perpendicularmente ao eixo principal de uma lente convergente, e sua imagem de 3 cm de altura é 30 cm. A vergência dessa lente é de
a) 12 di
b) 16 di
c) 20 di
d) 24 di
e) 28 di

19. (UCSAL) Uma lente convergente de 2,5 dioptrias fornece, de um objeto real, uma imagem invertida e 4 vezes maior que o objeto. A distância do objeto até à lente, em cm, vale
a) 200
b) 100
c) 50
d) 40
e) 20

20. (FUVEST) A distância entre um objeto e uma tela é de 80 cm. O objeto é iluminado e, por meio de uma lente delgada posicionada adequadamente entre o objeto e a tela, uma imagem do objeto, nítida e ampliada 3 vezes, é obtida sobre a tela.
Para que isto seja possível, a lente deve ser:
a) convergente, com distância focal de 15 cm, colocada a 20 cm do objeto.
b) convergente, com distância focal de 20 cm, colocada a 20 cm do objeto.
c) convergente, com distância focal de 15 cm, colocada a 60 cm do objeto.
d) divergente, com distância focal de 15 cm, colocada a 60 cm do objeto.
e) divergente, com distância focal de 20 cm, colocada a 20 cm do objeto.

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) C	2) A	3) C	4) C	5) E	
6) A	7) B	8) C	9) A	10) E	
11) E	12) A	13) B	14) B	15) A	16) B

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

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