

Óptica – Fundamentos

Óptica vem do grego (optiké), passando pelo latim tardio (optice) e significa:

“A ciência relacionada aos fenômenos da visão”.

Luz - Comportamento e princípios

“A luz, ou luz visível como é fisicamente caracterizada, é uma forma de energia radiante. É o agente físico que, atuando nos órgãos visuais, produz a sensação da visão”.

Óptica é a parte da **Física** responsável pelo estudo dos fenômenos associados à luz. Os fenômenos relacionados à Óptica são conhecidos desde a Antiguidade. Existem registros de que, em 2.283 a.C., já eram utilizados cristais de rocha para observar as estrelas. Na Idade Antiga, na Assíria, já havia a lente de cristal; e, na Grécia, utilizava-se a lente de vidro para obter fogo.

O grande salto no estudo da Óptica ocorreu no século XVI. Galileu Galilei apresentou o primeiro telescópio, em 1609, e Snell Descartes chegou à Lei da refração. O trabalho mais importante dessa época foi a medição da velocidade da luz. O valor encontrado foi $c = 3,08 \cdot 10^{10}$ cm/s, obtido por Bradley, em 1728.

Outro importante nome para a evolução dos estudos sobre a Óptica foi o de Huygens, que, em 1678, apresentou a hipótese de que a luz seria uma onda. Isaac Newton também deixou suas contribuições na área, como a teoria da variação do índice de refração da luz pela variação da cor, que pode ser observada na dispersão da luz ao passar por um prisma.

O fato de se considerar apenas a natureza corpuscular da luz representou um atraso nos estudos da Óptica. Somente em 1801 que Young realizou a experiência da interferência da luz, explicando-a a partir da teoria ondulatória. Em seguida, por volta de 1815, Fresnel explicou a teoria da difração da luz também por meio da teoria ondulatória.

Outro cientista importante para o desenvolvimento dessa teoria foi Foucault, que descobriu que a velocidade da luz era maior no ar do que na água. Essa descoberta chocava-se com a teoria corpuscular, que afirmava que a velocidade da luz era maior na água que no ar. Foi de James Clerk Maxwell a principal evidência de que a luz comportava-se como uma onda eletromagnética, pois ele provou que a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética no espaço era igual à velocidade de propagação da luz.

A teoria de que a luz comportava-se apenas como uma onda eletromagnética foi questionada no final do século XIX. Isso porque não era suficiente para explicar o efeito

fotoelétrico. Einstein utilizou a teoria de Planck para mostrar que a luz era formada por “pequenos pacotes de energia”, os **fótons**. A partir dessa teoria, Arthur Compton demonstrou que, quando um fóton e um elétron colidem, ambos se comportam como matéria. A partir de então, a luz passou a ser considerada como onda e como partícula, dependendo do fenômeno estudado. Essa teoria é denominada de natureza dual da luz.

Os estudos de Óptica são divididos em duas partes:

Óptica física: estuda o comportamento ondulatório da luz. Os fenômenos estudados por essa área são: emissão, composição, absorção, polarização, interferência e difração da luz.

A Óptica é uma parte da Física que está muito presente no nosso dia a dia. Algumas de suas aplicações podem ser observadas, por exemplo:

- ✓ Em instrumentos utilizados para corrigir defeitos visuais, como os óculos e as lentes;
- ✓ Instrumentos para observação, como os microscópios, telescópios e lunetas;
- ✓ Em câmeras fotográficas, filmadoras etc.:
- ✓ Espelhos.

Óptica geométrica: parte da Óptica que estuda a propagação da luz por meio dos raios de luz. Os fenômenos que essa área abrange são: propagação retilínea da luz, reflexão e refração da luz, espelhos e lentes;

Outras subdivisões são usadas ainda para determinar a parte da Óptica: Na Medicina, costuma-se usar a terminologia:

- ✓ **Óptica Fisiológica**, que estuda o olho humano como componente do sistema neurovegetativo;
- ✓ **Óptica Oftálmica**, que é a parte da Medicina que se ocupa das afecções do globo ocular bem como de sua função e estímulos.

Teoria Corpuscular

Influenciado pelo trabalho desenvolvido pelos gregos, o físico inglês Isaac Newton (1642 – 1727) formulou um modelo para explicar a natureza da luz, conhecido hoje como "a teoria da natureza corpuscular da luz." Este modelo sobre a luz consiste num fluxo de partículas muito pequenas (microscópicas) que são emitidas por fontes luminosas. A idéia de partícula agradou muito a Newton, pois encaixava-se em sua concepção de mundo, isto é, um modelo mecânico, determinista, de corpos materiais em movimento, onde seria possível determinar várias grandezas ao mesmo

tempo. Além disso, através do modelo corpuscular sobre a natureza da luz, Newton conseguia explicar fenômenos físicos como a reflexão e a refração, já conhecidos na época.

A grande base de sustentação da teoria formulada por Newton estava, justamente, no prestígio que conquistou perante a sociedade científica de sua época e de gerações de cientistas depois dele. A obra de Isaac Newton é considerada uma das mais belas formulações científicas já elaboradas pelo homem e, certamente, o modelo corpuscular foi sustentado devido a este enorme prestígio conquistado. No entanto, não só fama e prestígio conquistou Newton. Houve ferrenhos debates científicos, discussões envolvendo Newton e sua teoria corpuscular, principalmente, com seu maior desafeto: Robert Hooke. Dessa relação cientificamente conturbada com Hooke nasceu a discussão sobre a natureza da luz.

Teoria Ondulatória

A teoria ondulatória afirma que a luz é uma onda, assim como o som também é uma onda. Este modelo teve como base de sustentação o Experimento de Thomas Young (1773 – 1829), conhecido como Experimento da Fenda Dupla, realizado em 1801, que envolvia os fenômenos da difração e interferência da luz.

A questão era: como explicar os fenômenos da difração e interferência utilizando-se do modelo corpuscular?

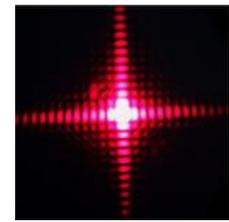
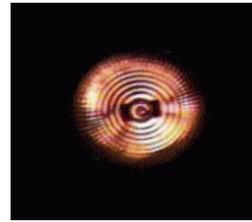
Por mais que se tentasse, a teoria corpuscular da luz não explicava a difração, ou seja, a difração não se enquadrava no modelo corpuscular defendido por Newton. Então, a teoria ondulatória ganhou forças e adeptos na época.

Com o tempo a teoria ondulatória foi consolidada e, posteriormente, descobriu-se que a luz era uma onda de natureza eletromagnética que vibrava transversalmente em relação a sua propagação. Clicando aqui você poderá ver a propagação de onda transversal com a opção de variar a amplitude e frequência de oscilação.

Portanto, segundo a teoria ondulatória, a luz é uma onda de origem eletromagnética que se propaga em qualquer meio, inclusive no vácuo. Neste modelo, a luz sofre reflexão e refração, conforme explicado pelo Princípio de Huygens.

Difração

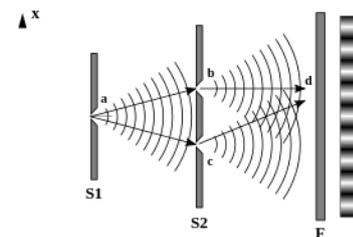
É um fenômeno físico que ocorre com qualquer tipo de onda, como, por exemplo, com as ondas sonoras e com os raios de luz, e que pode ser entendido como sendo o desvio da trajetória retilínea da luz após ela passar pela aresta de um objeto.



“É a propriedade que as ondas têm de contornar obstáculos ou passar por um orifício quando são parcialmente interrompidas por ele”.

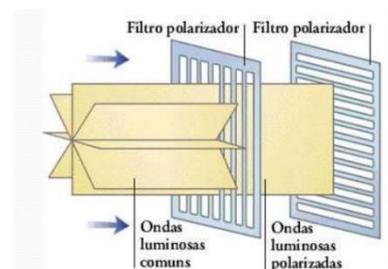
Interferência

A superposição, também chamada interferência em alguns casos, é o fenômeno que ocorre quando duas ou mais ondas se encontram, gerando uma onda resultante igual à soma algébrica das perturbações de cada onda.



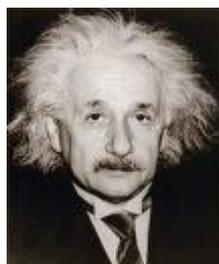
Polarização

A polarização da luz ocorre quando a luz natural, que antes se propagava em todos os planos, passa a se propagar em um único plano. As fontes luminosas geralmente emitem luzes formadas por ondas eletromagnéticas que vibram em várias direções, nessas há sempre um plano perpendicular para cada raio de onda luminosa.



A dualidade da Luz

Albert Einstein (1879 – 1955) explicou o efeito fotoelétrico teorizando que as ondas eletromagnéticas (modelo ondulatório) que interagiam com a placa de metal só fariam com que os elétrons fossem ejetados instantaneamente se elas se comportassem como partículas (modelo corpuscular).



Físico alemão, Albert Einstein, através do efeito fotoelétrico, demonstrou que luz também se comporta como partícula.

Essa intercalação de ideias entre ondas e partículas com relação à luz é aceita na comunidade científica como a Natureza Dual da Luz; pois em determinados fenômenos (interferência, refração, difração...) a teoria eletromagnética consegue explicar e a teoria corpuscular está associada aos fenômenos de absorção e emissão de energia.



Hora de exercitar!

01. (UNEB-BA) De acordo com o físico Max Planck, que introduziu o conceito de energia quantizada, a luz, elemento imprescindível para manutenção da vida na Terra, como toda radiação eletromagnética, é constituída por pacotes de energia denominados:

- bárions.
- dipolos.
- íons.
- pulsos.
- fótons.

02. (UFSC-SC) Assinale (V) para as alternativas verdadeiras e (F) para as Falsas.

- () Devido à alta frequência da luz violeta, o "fóton violeta" é mais energético do que o "fóton vermelho".
- () A difração e a interferência são fenômenos que somente podem ser explicados satisfatoriamente por meio do comportamento ondulatório da luz.
- () O efeito fotoelétrico somente pode ser explicado satisfatoriamente quando consideramos a luz formada por partículas, os fótons.
- () A luz, em certas interações com a matéria, comporta-se como uma onda eletromagnética; em outras interações ela se comporta como partícula, como os fótons no efeito fotoelétrico.
- () O efeito fotoelétrico é consequência do comportamento ondulatório da luz.

03. (UFSC 2017) A natureza da luz é um tema que ocupa os estudiosos desde a antiguidade. As teorias corpuscular e ondulatória buscam a preferência de cientistas famosos para explicar fenômenos importantes da ciência. No entanto, após o experimento da fenda dupla de Thomas Young, em 1802, e da explicação do efeito fotoelétrico realizada por Albert Einstein, em 1905, a ideia da dualidade onda/partícula da luz foi aceita pela comunidade científica. A experiência da fenda dupla consiste em fazer a luz passar por duas fendas em uma placa e observar o padrão de franjas (listras) claras e franjas (listras) escuras. Já o efeito fotoelétrico consiste em incidir luz sobre uma placa metálica para arrancar elétrons.

Considerando o que foi exposto acima, é correto afirmar que:

- () o efeito fotoelétrico foi explicado por Einstein pela teoria ondulatória da luz.
- () no efeito fotoelétrico, para arrancar os elétrons da placa, a luz deve ser formada por partículas (fótons) com uma energia mínima que é proporcional à frequência da luz.
- () tanto a teoria corpuscular quanto a teoria ondulatória da luz explicam o padrão de franjas claras e franjas escuras no experimento da fenda dupla.
- () os fenômenos de interferência e difração são mais bem representados pela teoria ondulatória da luz, enquanto que o fenômeno do efeito fotoelétrico é mais bem representado pela teoria corpuscular da luz.

04. Relacione os fenômenos a seguir com suas respectivas características.

- 1) Difração 2) Interferência 3) Polarização

- () Permite a passagem dos raios de luz em apenas uma direção.
- () Fenômeno relacionado com a capacidade da luz de contornar objetos.
- () Nesse fenômeno, ocorre a sobreposição da luz e regiões de claro e escuro formam-se em um anteparo.

05. A luz, segundo a física moderna, apresenta caráter dual, ou seja, em certos fenômenos, manifesta comportamento da partícula e, em outros, de onda.

Complete a primeira coluna com a segunda coluna da, segundo o comportamento da luz.

- Onda
 - partícula
- () efeito fotoelétrico
 () polarização
 () refração
 () interferência

Fontes de luz

As fontes de luz são corpos capazes de emitir luz, seja ela própria, seja refletida. Fontes de luz podem ser classificadas em:

• **Fontes de luz primárias:** São fontes de luz que emitem luz própria. Elas podem ser:

→ **Incandescentes:** Quando emitem luz em altas temperaturas.

Exemplos: o Sol, a chama de uma vela e as lâmpadas de filamento.

→ **Luminescentes:** Quando emitem luz em baixas temperaturas. As fontes de luz primária luminescentes podem ser **fluorescentes** ou **fosforescentes**.

Fluorescentes: emitem luz apenas enquanto durar a ação do agente excitador.

Ex.: lâmpadas fluorescentes.

Fosforescentes: Emitem luz por um certo tempo, mesmo após ter cessado a ação do excitador. Nessas fontes de luz, a energia radiante é proveniente de uma energia potencial química.

Ex.: Interruptores de lâmpadas e ponteiros luminosos de relógios.

• **Fontes Secundárias:** São aquelas que emitem apenas a luz recebida de outros corpos.

Ex.: Lua, cadeiras, roupas etc.

Fonte de Luz Pontual

Uma fonte de luz é chamada de puntiforme quando as suas dimensões são desprezíveis em relação à distância do objeto iluminado.

Por exemplo: uma vela longe do objeto iluminado.

Fonte de Luz Extensa

Uma fonte de luz é chamada de extensa quando suas dimensões são consideráveis em relação à distância do objeto iluminado.

Exemplo: uma vela próxima ao objeto iluminado

Meios de propagação

Sabemos que quando uma fonte de luz, extensa ou pontual, emite um feixe de luz (ou luminoso), a luz passa a se propagar a uma velocidade de 300.000 km/s, no vácuo. Não somente no vácuo, mas a luz também tem a capacidade de se propagar em outros meios.

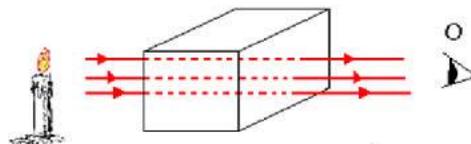
Diferentes meios materiais, como, por exemplo, ar, vidro, água, tijolo, comportam-se de forma distinta ao serem

atravessados pelos raios de luz, ou até mesmo impedem a propagação dos raios de luz através de seu interior.

Por esse motivo, esses meios são classificados em:

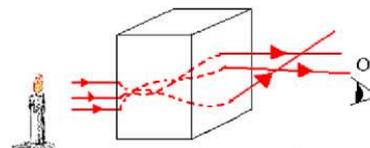
✓ Meio transparente

Um meio é dito transparente quando ele permite a propagação regular da luz. Ou seja, um objeto colocado atrás dele pode ser percebido com detalhes, com nitidez. Por exemplo, papel celofane, vidro, ar, etc.



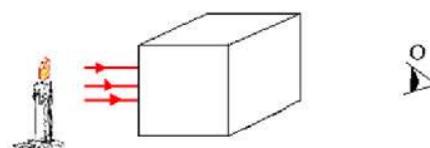
✓ Meio translúcido

Um meio é dito translúcido quando a propagação da luz ocorre de forma irregular, ou seja, eles são meios intermediários. Por exemplo, papel vegetal, vidro fosco, etc. Nesse tipo de meio óptico o observador não consegue enxergar com nitidez o objeto através do meio.



✓ Meio opaco

É o meio óptico que não permite a propagação da luz. Por exemplo, madeira, placa metálica, tijolo, etc. Nesse tipo de meio o observador não consegue enxergar o objeto através do meio.



A figura nos mostra os três meios de propagação da luz: transparente, translúcido e opaco

Raios de Luz

Um raio de luz é uma representação geométrica que representa a direção e o sentido da luz. Na imagem seguinte estão representados diferentes raios de luz:



Feixe de Luz

A um conjunto de raios luminosos dá-se o nome de feixe de luz. Por exemplo a luz proveniente de uma lanterna resulta de um conjunto de raios luminosos a que se dá o nome de feixe de luz.

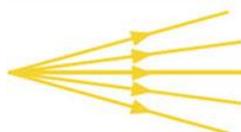


Um feixe de luz pode apresentar raios paralelos, divergentes ou convergentes:

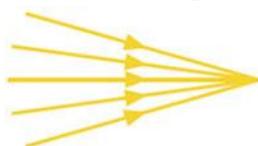
Feixes Paralelos



Feixes Divergentes



Feixes Convergentes



Hora de exercitar!



01. Entre as alternativas a seguir, escolha aquela que contém apenas fontes primárias de luz.

- Fósforo, Sol, Lua
- Lua, Júpiter, Sol
- Vela acesa, Sol, Lua
- Estrelas, Fósforo aceso, Sol
- Estrelas, pilha de lanterna e Sol.

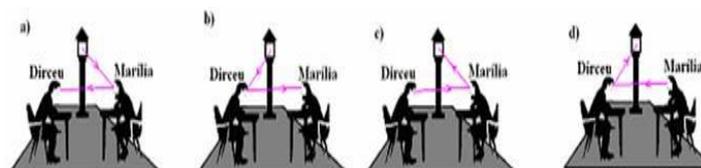
02. Indique a alternativa que explica de forma correta a diferença entre as fontes de luz fluorescentes e fosforescentes.

- As fluorescentes emitem luz a partir da excitação do flúor em seu interior, e as fosforescentes funcionam pela excitação do fósforo.
- As fluorescentes emitem luz durante a ação de um agente excitador, e as fosforescentes emitem radiações ultravioleta.
- As fluorescentes emitem luz durante a ação de um agente excitador, e as fosforescentes emitem luz mesmo após o fim da ação do excitador.
- Lâmpadas fluorescentes funcionam a partir da excitação de gases como o argônio, e materiais fosforescentes funcionam por meio da excitação do fósforo.
- Os termos fluorescentes e fosforescentes são sinônimos.

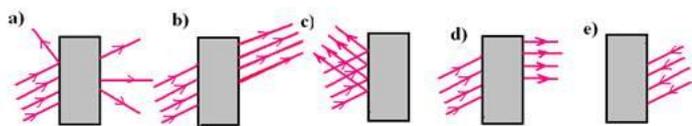
03. Os corpos que permitem a passagem parcial da luz se chamam:

- opacos;
- transparentes;
- translúcidos;
- luminosos;

04. (UFMG-MG) 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.



05. (FEI-SP) A luz solar se propaga e atravessa um meio translúcido. Qual das alternativas a seguir representa o que acontece com a propagação dos raios de luz?



06. (FUVEST-SP) Admita que o Sol subitamente “morresse”, ou seja, sua luz deixasse de ser emitida. Passadas 24 horas após este evento, um eventual sobrevivente, olhando para o céu, sem nuvens, veria:

- a) a Lua e as estrelas
- b) somente a Lua
- c) somente estrelas
- d) uma completa escuridão
- e) somente os planetas do sistema solar

Princípios da Óptica Geométrica

Existem três princípios adotados pela Óptica Geométrica para explicar os fenômenos luminosos.

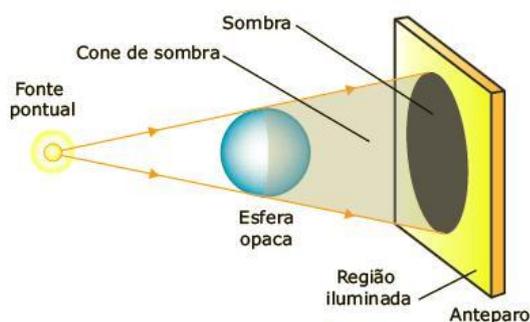
✓ Princípio da Propagação Retilínea da Luz

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

Esse princípio explica vários fenômenos, como a semelhança geométrica entre a sombra e o objeto que a produz, além da formação de penumbra e dos eclipses.

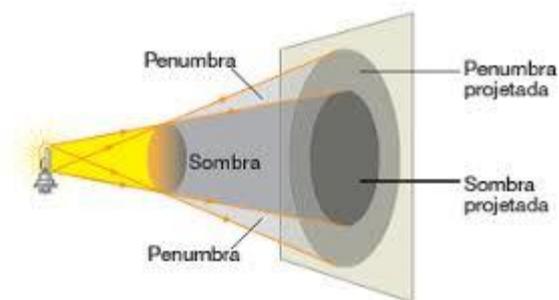


Fonte Pontual

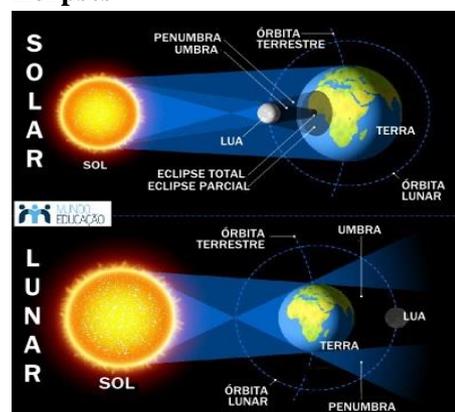


$$\frac{D}{d} = \frac{H}{h}$$

Fonte Extensa

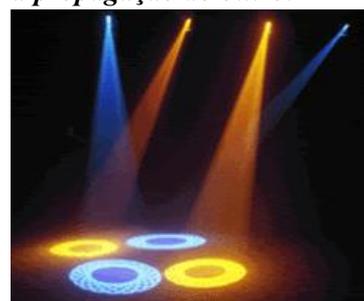


Eclipses



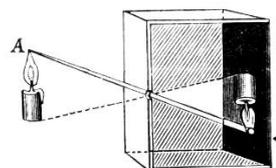
✓ Independência dos raios luminosos

“Quando dois ou mais feixes de luz se cruzam, um não altera a propagação do outro.”



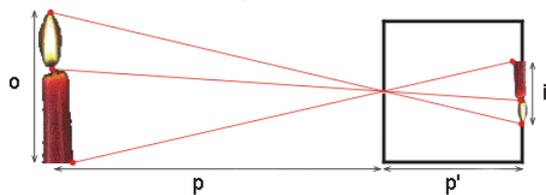
Câmara Escura

A Câmara Escura foi a primeira grande descoberta da fotografia. É uma caixa composta por paredes opacas, que possui um orifício em um dos lados, e na parede paralela a este orifício, uma superfície fotossensível é colocada.



O funcionamento da câmara escura é de natureza física. O princípio da propagação retilínea da luz permite que os raios luminosos que atingem o objeto e passem pelo orifício da câmara sejam projetados no anteparo fotossensível na parede paralela ao orifício. Esta projeção produz uma imagem real invertida do objeto na superfície fotossensível. Quanto menor o orifício, mais nítida é a

imagem formada, pois a incidência de raios luminosos vindos de outras direções é bem menor.



$$\frac{o}{p} = \frac{i}{p'}$$

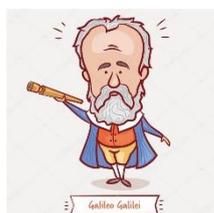
✓ **Princípio da Reversibilidade da Luz**

A luz é reversível. Por exemplo, se vemos alguém através de um espelho, certamente essa pessoa também nos verá. Assim, os raios de luz sempre são capazes de fazer o caminho na direção inversa.



“A trajetória da luz não depende de seu sentido de propagação”.

Hora de exercitar!



01. A incidência dos raios solares faz com que os extremos das sombras do homem e da árvore coincidam. O homem tem 1,80 m de altura e sua sombra mede dois metros. Se a sombra da árvore mede 5m, qual a altura desta árvore?



02. A certa hora da manhã, o Sol incidindo sobre o topo de um edifício projeta uma sombra de 32 metros. No mesmo

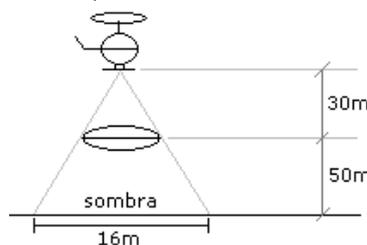
instante, a sombra de um poste com 9 metros de altura, localizado ao lado do edifício, mede 12 metros. Nesse caso, Qual a altura do edifício?

03. Certa noite, uma moça, de 1,50 m de altura, estava a 2m de distância de um poste de luz de 4 m de altura. Qual o valor do comprimento da sombra da moça no chão?

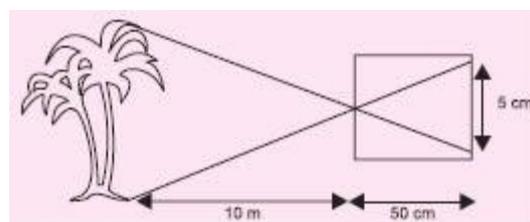
04. A sombra de um poste vertical, projetada pelo sol sobre um chão plano, mede 12m. Nesse mesmo instante, a sombra bastão vertical de 1m de altura mede 0,6m. A altura do poste é:

- a) 6 m b) 7,2 m c) 12 m d) 20 m e) 72 m

05. Numa cidade do interior, à noite, surgiu um objeto voador não identificado, em forma de disco, que estacionou a 50 m do solo, aproximadamente. Um helicóptero do exército, situado aproximadamente 30 m a cima do objeto, iluminou – o com um holofote, conforme mostra a figura abaixo. Sendo assim, qual a medida do raio deste disco voador, em metros?



06. Uma câmara escura tem profundidade de 50 cm. Ela é dirigida para uma árvore a uma distância de 10 m. Uma projeção de 5 cm de altura forma-se no fundo da caixa como mostra a figura. Qual a altura da árvore?



07. (FEI) Uma câmara escura de orifício fornece a imagem de um prédio, o qual se apresenta com altura de 5 cm. Aumentando-se para 100m a distância do prédio à câmara, a imagem se reduz para 4cm de altura. Qual é a distância entre o prédio e a câmara na primeira posição?

- a) 100 m b) 200 m c) 300 m d) 400 m e) 500 m

08. (ITA-SP) Um edifício iluminado pelos raios solares projeta uma sombra de comprimento 72 m. Simultaneamente, uma vara vertical de 2,50 m de altura, colocada ao lado do edifício, projeta uma sombra de comprimento 3,00 m. Qual a altura do edifício?

- a) 90 m b) 86 m c) 45 m d) 60 m e) 80 m