INFORMAÇÕES

LISTA DE EXERCÍCIOS - CAPÍTULO 25

- □ Q25.4, Q25.10, Q25.12, Q25.13, Q25.14, Q25.15, Q25.16
- **25.20**, 25.21, 25.33, 25.35, 25.42, 25.43, 25.52

LISTA DE EXERCÍCIOS – CAPÍTULO 27

□ Exs.: 2, 3, 5, 8, 10, 13, 14, 15, 18, 19, 23, 25, 26, 29, 32, 37, 43, 48, 51

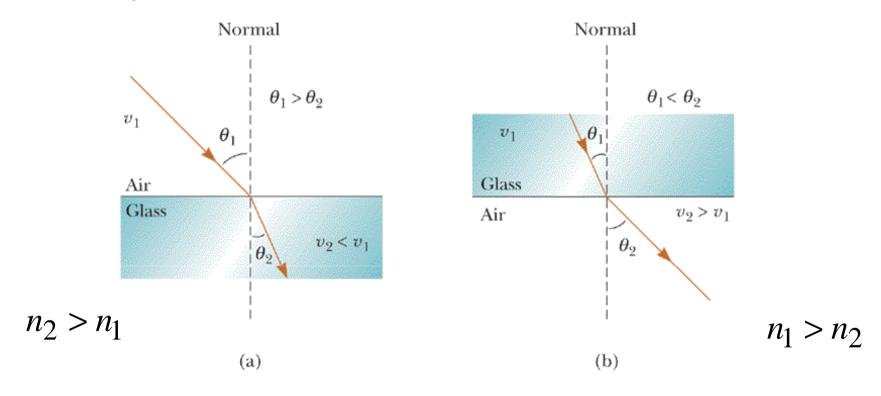
Monitoria: sala C1-07, das 11:00 as 12:00h toda 4a feira (como no semestre passado).

Amanhã 6ª FEIRA – 15/08 – AULA DE LABORATÓRIO – PARA AS TURMAS **T21**, **T22**, **T24** e **T25** das **14:00H** ÀS **17:40H**

CAPÍTULO 25: OBJETIVOS

- □ REFLEXÃO INTERNA TOTAL
- ☐ ÂNGULO CRÍTICO
- ☐ FIBRA ÓPTICA

Serway/Jewett; Principles of Physics, 3/e Figure 25.9



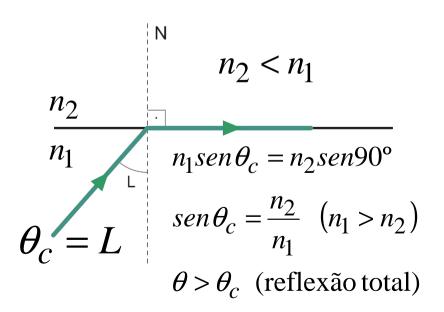
Harcourt, Inc. items and derived items copyright @ 2002 by Harcourt, Inc.

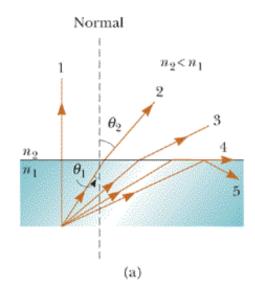
- (a) Quando o raio se propaga <u>do ar para o vidro</u> sua trajetória se desvia em direção à normal (ângulo de refração diminui)
- (b) Quando o raio se propaga do vidro para o ar sua trajetória se afasta da normal (ângulo de refração aumenta).

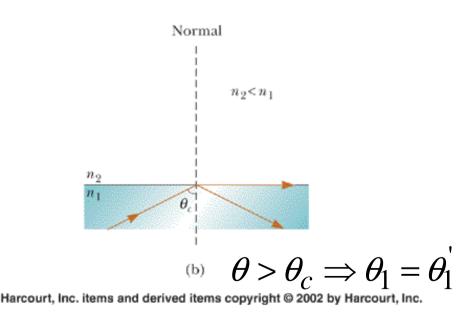
Raios que se propagam de um meio com índice de refração n_1 para um meio com índice de refração n_2 onde $n_2 < n_1$ (por exemplo, da água ao ar)

à medida que

o ângulo de incidência aumenta, o ângulo de refração θ_2 aumenta até atingir θ_2 =90° (raio 4).







O ângulo de incidência produzindo um ângulo de refração de 90° é denominado ângulo crítico θc (raio 4 na figura)

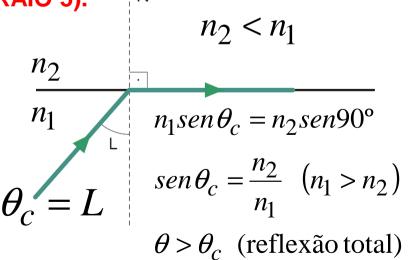
LEI DE SNELL

$$n_1 sen \theta_c = n_2 (sen 90^\circ = 1.0)$$

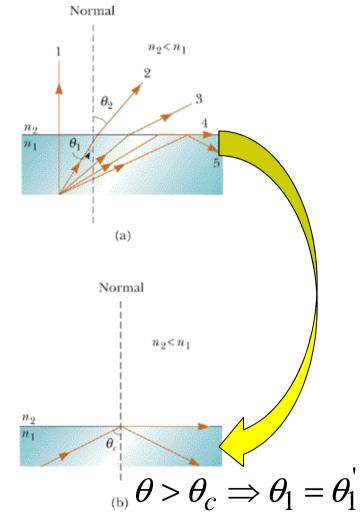
$$sen \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$
 (para $n_1 > n_2$)

A <u>reflexão interna total</u> ocorre quando a luz se propaga

de um meio de alto índice de refração para um meio de índice refração mais baixo com um ângulo de incidência superior a $\underline{\theta c}$ (RAIO 5).



Serway/Jewett; Principles of Physics, 3/e Figure 25.23

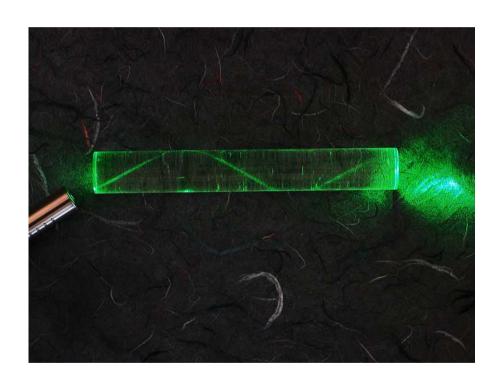


Para ângulos maiores que <u>\textit{\textit{\textit{e}}}c</u>, ocorre a <u>reflex\textit{\textit{ao}} interna total (raio 5)</u>

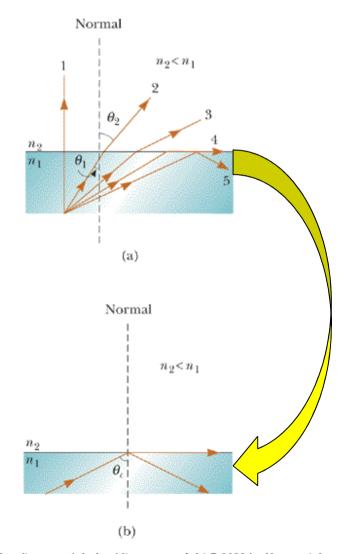
$$\theta > \theta_c \Rightarrow \theta_1 = \theta_1$$

Serway/Jewett; Principles of Physics, 3/e Figure 25.23

PRINCIPAL APLICAÇÃO

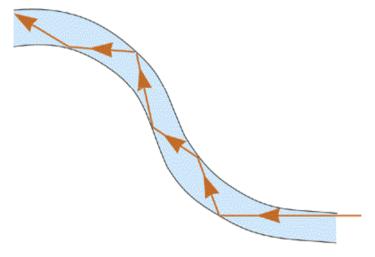


FIBRA ÓTICA



Em uma fibra curva e transparente a luz se propaga através de múltiplas reflexões

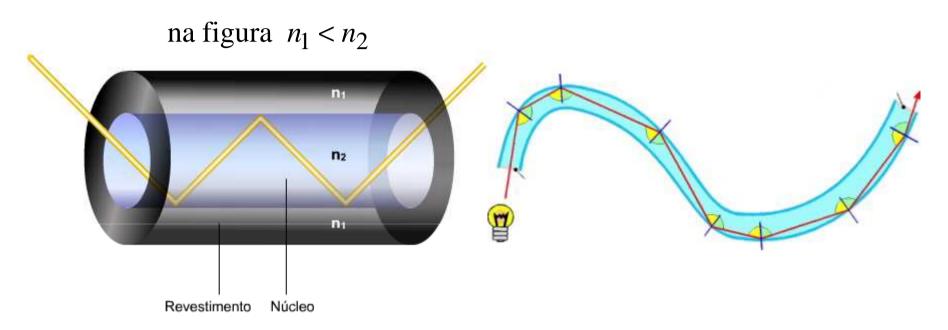
Serway/Jewett; Principles of Physics, 3/e Figure 25.28







Aplicação da reflexão interna total e ângulo crítico: FIBRAS ÓTICAS



Em um determinado ângulo (crítico), o raio refratado propaga-se paralelamente à interface entre os meios e a partir deste ângulo ocorre o processo de <u>reflexão</u>

total TRANSMISSÃO

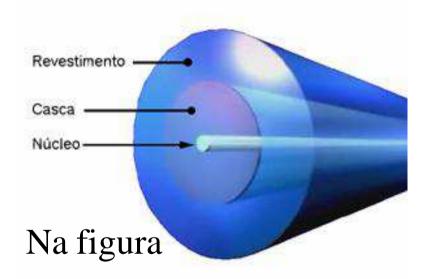
$$\theta > \theta_c \Rightarrow \theta_1 = \theta_1$$

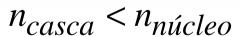
A construção de uma fibra ótica:

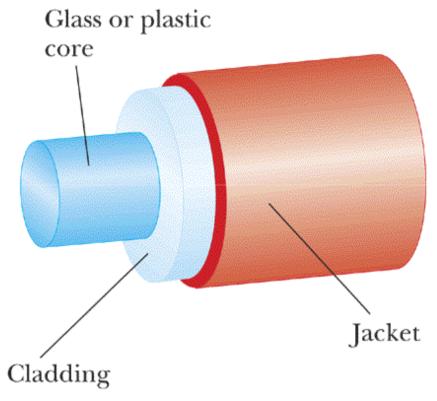
Serway/Jewett; Principles of Physics, 3/e Figure 25.29

A luz se propaga no núcleo, que é cercado por uma blindagem (casca) $n_{casca} < n_{núcleo}$ (um material que tenha índice de refração mais baixo do que o núcleo)

e por um revestimento de proteção (plástico), para impedir danos mecânicos.







25.32 Uma fibra de vidro (n=1.50) é submersa em água (n=1.33).

Qual é o ângulo crítico para a luz, transmitida através da fibra óptica, permanecer dentro da fibra óptica?

Lei de Snell:

$$n_1 \operatorname{sen}(\theta_1) = n_2 \operatorname{sen}(\theta_2)$$

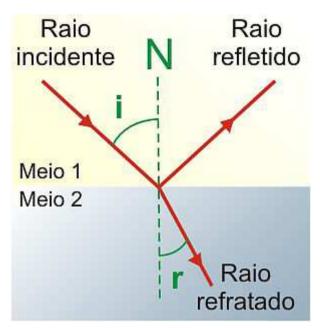
Uma fibra de vidro (n=1.50) é submersa em água (n=1.33). Qual é o ângulo crítico para a luz permanecer dentro da fibra óptica?

Para uma reflexão interna total temos:

$$n_1 sen \theta_1 = n_2 (sen(\theta_2 = 90^\circ) = 1.0) \Rightarrow$$

$$1.50 sen \theta_1 = 1.33 \cdot (1.0) \Rightarrow \theta_1 = sen^{-1} \left(\frac{1.33}{1.50}\right)$$

$$\theta_1 = 62.4^{\circ}$$



Parte de uma <u>onda eletromagnética</u> que incide sobre a interface entre os meios 1 e 2 é

transmitida para o segundo meio e sofre uma

mudança na sua trajetória de propagação (refração):

Lei de Snell:
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sqrt{\frac{\lambda_1}{\lambda_2}} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

A <u>reflexão interna total</u> pode ocorrer quando a luz se propaga de um meio de alto índice de refração para um meio de índice refração mais baixo. em um <u>ângulo superior ao ângulo crítico</u>

O <u>ângulo crítico de incidência Θc </u> a partir do qual ocorre a reflexão interna total em uma interface é:

$$sen \theta_c = \frac{n_2}{n_1} (para n_1 > n_2)$$

Serway/Jewett; Principles of Physics, 3/e Figure 25.11 $n_1 = \frac{c}{v_1}$ $n_1 = \frac{c}{v_1}$ v_1 v_2 $m_2 = \frac{c}{v_2}$

Harcourt, Inc. items and derived items copyright @ 2002 by Harcourt, Inc.

Até agora consideramos meios homogêneos...

Capítulo 25 – Questão 7 (3 minutos)

Um feixe de laser atravessando uma solução de açucar não homogênea (aumento da densidade com a profundidade) segue uma trajetória curva. Explique.



Capítulo 25 – Questão 7 (2 minutos)

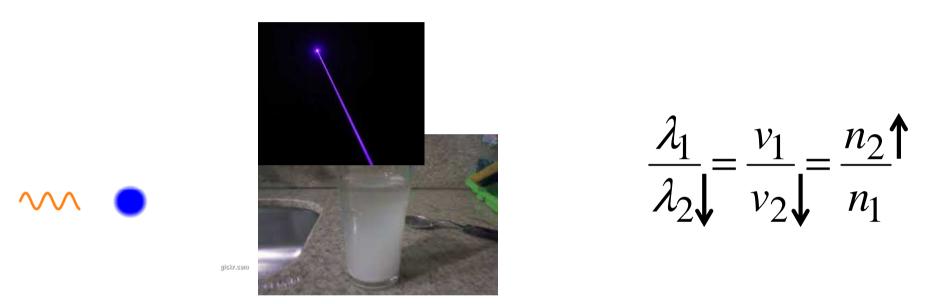
Um feixe de laser atravessando uma solução de açucar não homogênea (aumento da densidade com a profundidade) segue uma trajetória curva. Explique.



$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Capítulo 25 – Questão 7 (1 minuto)

Um feixe de laser atravessando uma solução não homogênea de açucar segue uma trajetória curva. Explique.

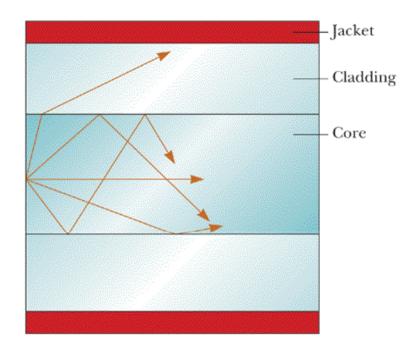


A tendência é que a **velocidade diminua** com o **aumento da densidade** e o **indice de refração aumente** com a diminuição da velocidade e portanto com o aumento da densidade.

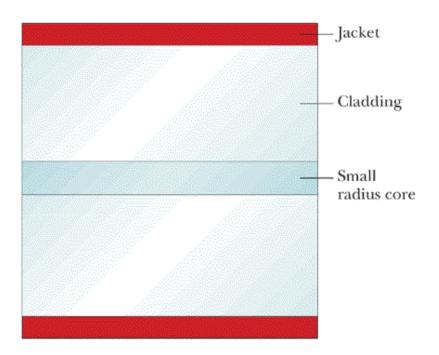
Se existe um <u>aumento progressivo do índice de refração</u> então o laser será progressivamente desviado na direção da normal segundo vá passando para um meio de maior densidade (maior índice de refração).

Tipos de fibras ópticas

- ☐ Fibra óptica multimodo de índice degrau.
 ☐ Fibra óptica multimodo de índice gradual.
 ☐ Fibra óptica monomodo de índice degrau.
- Índice degrau se refere à descontinuidade no índice de refração entre o núcleo e a blindagem (casca). (se ocorre refração o sinal (raio) se perde; se ocorre reflexão interna o raio segue sendo transmitido).
- Multimodo se refere ao fato de que a luz, que penetra na fibra em muitos ângulos, é transmitida... (núcleo de maior diâmetro que o monomodo).

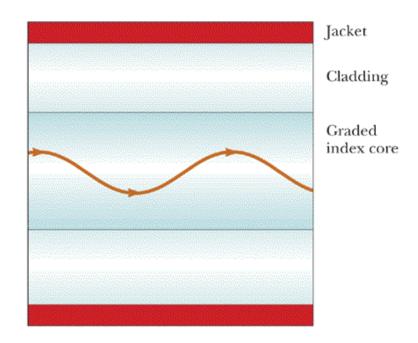


- ☐ Fibra óptica multimodo de índice degrau. Raios de luz penetrando com uma ampla variedade de ângulos atravessam o núcleo (geometria).
- □ Raios a **ângulos grandes com o eixo demoram mais para se propagar** pelo comprimento da fibra do que os raios com ângulos pequenos (problema para transmissão de sinais a largas distâncias).



Fibra óptica monomodo de índice degrau. Com um raio pequeno do núcleo e uma pequena diferença entre os índices de refração do núcleo e da blindagem reduzimos o alargamento (diferenças de fase) dos pulsos de luz.

Utilizado para largas distâncias de transmissão.

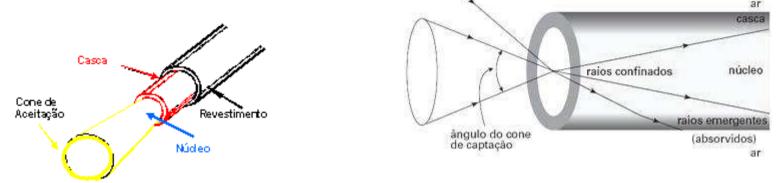


Fibra óptica <u>multimodo de índice gradual</u>. O <u>índice de refração do</u> <u>núcleo varia radialmente</u>, assim os raios de luz que não estão ao longo do eixo seguem <u>trajetórias curvas através do núcleo</u>.

Reflexões ocorrem antes da interface (borda). Isso reduz o tempo de percurso através da fibra.

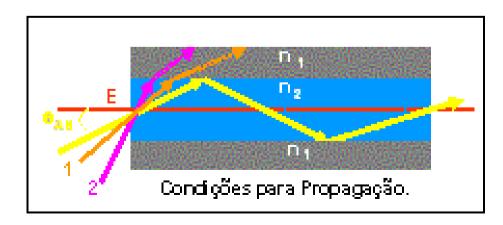
Um cone de ângulos, chamado de *cone de aceitação*, existe na entrada

do núcleo da fibra ótica.



A luz que penetra em ângulos dentro deste cone (ângulo maior que o ângulo crítico) é transmitida através do núcleo.

A luz que penetra em ângulos fora deste cone (e portanto menores que o ângulo crítico) passa para a blindagem (raios 1 e 2 na figura).



A figura mostra um raio de luz penetrando na fibra dentro do <u>cone de</u> <u>aceitação</u> e realizando uma <u>reflexão interna total</u> na interface <u>entre o núcleo e a blindagem</u>.

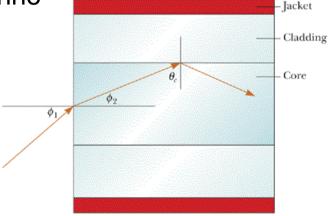
Tecnologicamente é difícil produzir luz entrando na fibra dentro de um pequeno intervalo de ângulos.

Serway/Jewett; Principles of Physics, 3/e Figure 25.34

Projeto de Consultoria

Como você poderia ajustar os índices de refração do núcleo e da blindagem para aumentar o tamanho do cone de aceitação?

$$sen \theta_c = \frac{n_2}{n_1} (para n_1 > n_2)$$



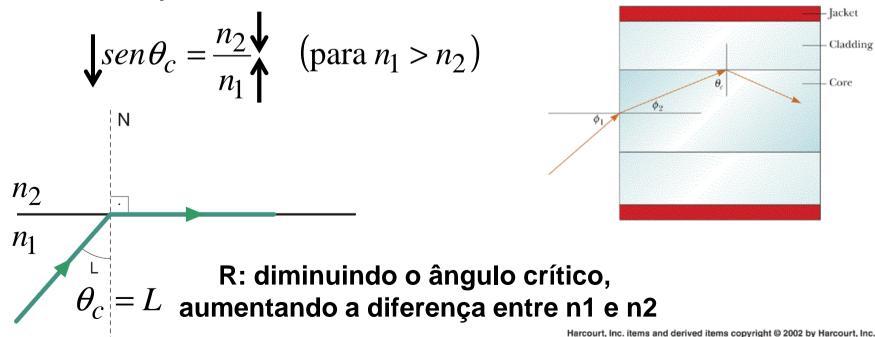
A figura mostra um raio de luz penetrando na fibra dentro do <u>cone de aceitação</u> e realizando uma <u>reflexão interna total</u> na interface <u>entre o núcleo e a blindagem</u>.

É tecnologicamente difícil produzir luz entrando na fibra dentro de um pequeno intervalo de ângulos.

Projeto de Consultoria

Serway/Jewett; Principles of Physics, 3/e Figure 25.34

Como você poderia ajustar os índices de refração do núcleo e da blindagem para aumentar o tamanho do cone de aceitação?



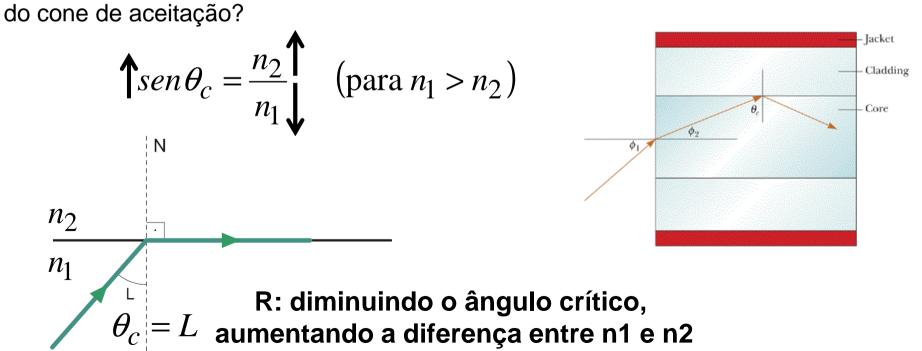
A figura mostra um raio de luz penetrando na fibra dentro do <u>cone de aceitação</u> e realizando uma <u>reflexão interna total</u> na interface <u>entre o núcleo e a blindagem</u>.

É tecnologicamente difícil produzir luz entrando na fibra dentro de um pequeno intervalo de ângulos.

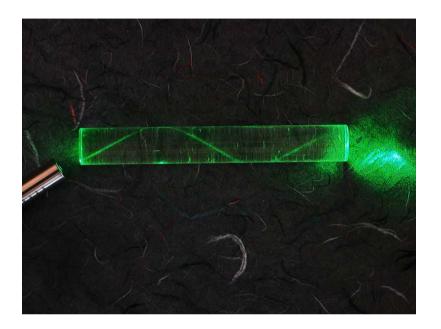
Projeto de Consultoria

Como você poderia ajustar os índices de refração do núcleo e da blindagem para diminuir o tamanho

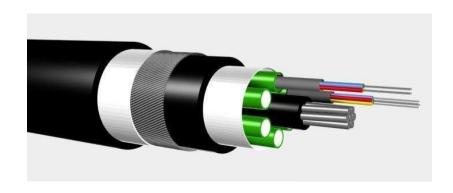
Serway/Jewett; Principles of Physics, 3/e Figure 25.34

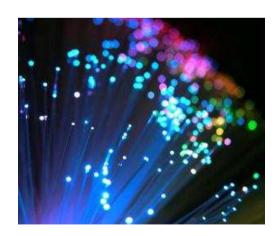


Conceito: fibras ópticas podem transportar luz de um ponto a outro

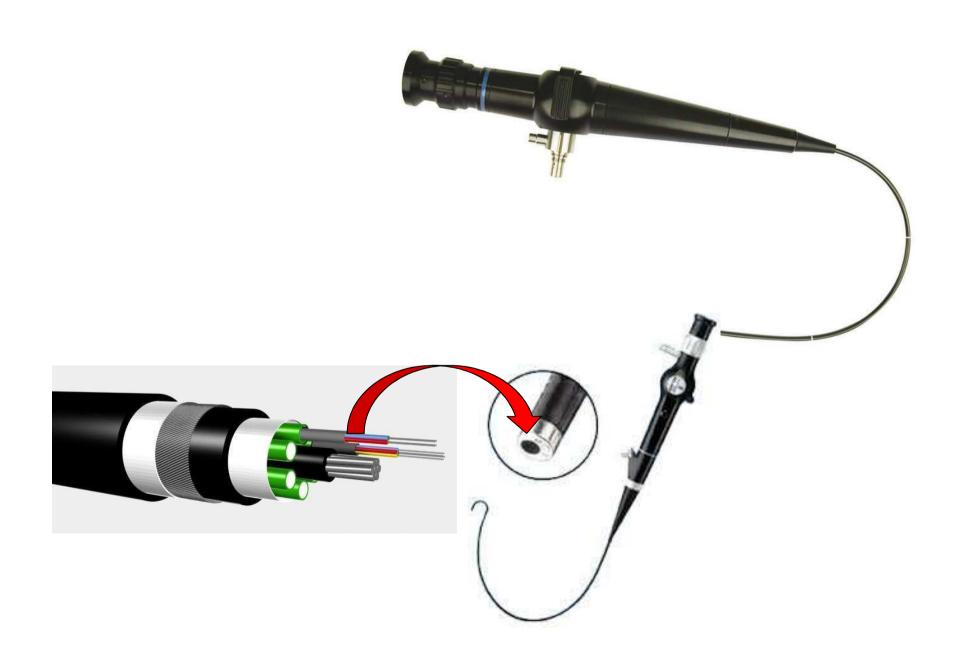


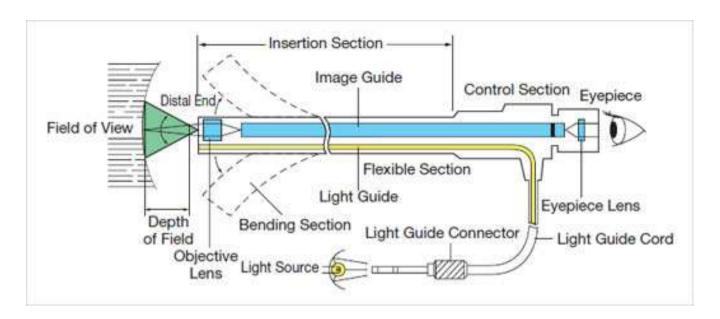
Para transportar uma imagem é necessário utilizar um feixe de fibras ópticas





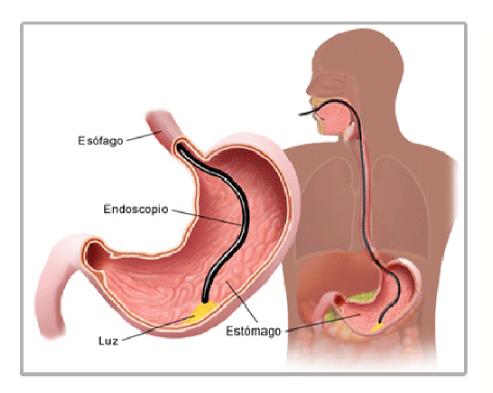
Fibroscópio (1957): equipamento composto por um feixe de fibras ópticas

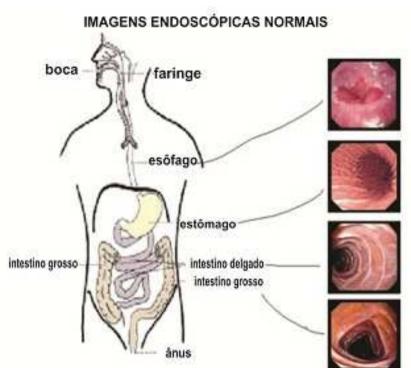




- □ dois feixes de fibras ópticas (azul e amarelo na figura)
 - > o feixe de iluminação que é um feixe incoerente (não necessariamente em fase)
 - > o feixe de fibras de visualização (feixe coerente)

□ A Luz da imagem é transmitida ao longo das fibras até a extremidade de visualização.
☐ Uma lente ocular é usada nessa extremidade para ampliar a imagem que aparece nas extremidades das fibras do feixe de visualização.
□ O feixe de visualização é coerente, de forma que as fibras têm as mesmas relações relativas nas duas extremidades do feixe.
☐ Se uma extremidade de uma fibra individual está na parte de cima da extremidade ocular do feixe, a outra extremidade da fibra tem de estar na parte de cima da extremidade interior do feixe.
☐ Isso é necessário porque cada fibra no feixe de visualização coleta luz de uma determinada parte da imagem real da cena formada pela lente objetiva nas extremidades das fibras.
☐ Cada parte da imagem da cena deve aparecer no lugar correto com todas as outras partes na outra extremidade para que a imagem faça sentido.





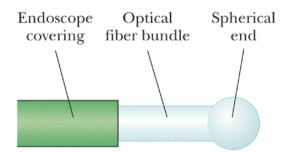
- □ O diâmetro do fibroscópio pode ser da ordem do (mm) e ainda fornecer excelentes imágens óticas da cena a ser visualizada.
- □ Podemos ter 10000 fibras em 1mm de diâmetro.
 Resoluções entre 50 100µm.
- ☐ Assim um fibroscópio pode passar através do esôfago e ir para dentro do estômago permitindo a busca de úlceras e anomalias.
- ☐ A imágem pode ser vista diretamente pelo médico através da lente ocular, sendo mais frequentemente projetada em um monitor de televisão.

Endoscópios são fibroscópios com canais adicionais além dos canais para as fibras de iluminação e visualização.

Serway/Jewett; Principles of Physics, 3/e Figure 26.31

Esses canais adicionais podem ser usados para:

- ☐ retirar ou introduzir fluidos
- ☐ sucção a vácuo
- ☐ manipuladores de fio
- ☐Bisturis para corte de tecidos
- □ Agulhas para injeções
- ☐ lasers para aplicações cirúrgicas



Harcourt, Inc. items and derived items copyright @ 2002 by Harcourt, Inc.

Esses canais necessitam de mais espaço de tal forma que os **endoscópios** variam de **2 a 15 mm de diâmetro**.

Capacidade de obter informação sobre as regiões inacessíveis dentro do corpo humano sem o uso de cirurgia.

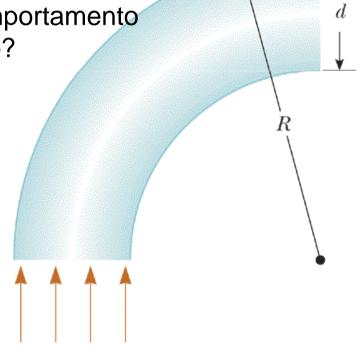


- **25.33** Uma fibra óptica com índice de refração "n" e diâmetro "d" é cercada de ar. A LUZ é enviada pela fibra através do seu eixo, como na figura.
- (a) Encontre o menor **raio externo R permitido para dobrar a fibra** de modo que não escape luz alguma.

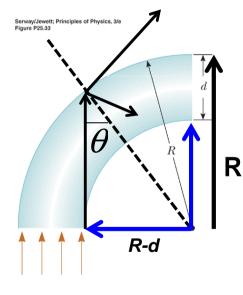
Serway/Jewett; Principles of Physics, 3/e Figure P25.33

(b) O resultado do item (a) prevê um comportamento razoável quando "d" se aproxima de zero? Quando "n" aumenta? Quando "n" se aproxima de 1.0?

(c) Calcule "R" se o diâmetro da fibra for 100µm, e seu índice de refração, 1,42.



- **25.33** Uma fibra óptica com índice de refração "n" e diâmetro "d" é cercada de ar. A LUZ é enviada pela fibra através do seu eixo, como na figura.
- (a) Encontre o menor **raio externo R permitido para dobrar a fibra** de modo que não escape luz alguma.
- (b) O resultado do item (a) prevê um comportamento razoável quando "d" se aproxima de zero? Quando "n" aumenta? Quando "n" se aproxima de 1.0?
- (c) Calcule "R" se o diâmetro da fibra for 100µm, e seu índice de refração, 1,42.



Harcourt, Inc. items and derived items copyright © 2002 by Harcourt, Inc.

(a) O ângulo de incidência é descrito * por :

$$sen \theta = \frac{R - d}{R}$$
 e também por :

 $nsen \theta > 1.0 \cdot sen 90^{\circ}$

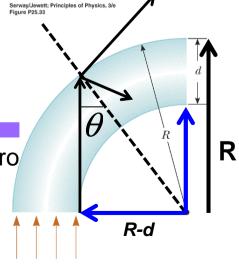
$$\frac{n(R-d)}{R} > 1 \qquad nR - nd > R \qquad nR - R > nd \qquad R > \frac{nd}{n-1} \Rightarrow R_{min} > \frac{nd}{n-1}$$

(b) como $d \to 0$, $R_{min} \to 0$ o que é razoável quando n aumenta R_{min} diminui, o que também é razoável quando n diminui na direção de 1.0, R_{min} aumenta, razoável.

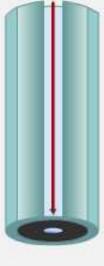
(c)
$$R_{min} = \frac{nd}{n-1} = \frac{1.40(100 \times 10^{-6} m)}{0.40} = 350 \times 10^{-6} m$$

*Um raio ao longo do lado mais interno escapará se qualquer outro raio paralelo escapar. Este ângulo de incidência θ é descrito por:

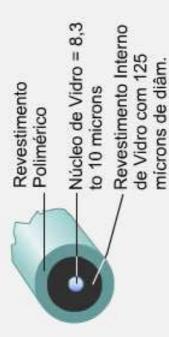
$$sen \theta = \frac{R - d}{R}$$



Monomodo

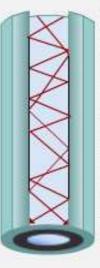


Exige um caminho muito reto

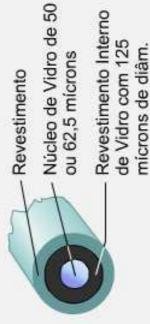


- Núcleo pequeno
- Menos dispersão
- Própria para aplicações de longa distância (até ~3Km, 9.840 pés)
- Utiliza lasers como fonte de luz, freqüentemente dentro de backbones em cidades universitárias, para distâncias de vários milhares de metros

Multimodo



Vários caminhos-desordenado



- Núcleo maior que o do cabo monomodo (50 ou 62,5 microns ou maior)
- Permite maior dispersão e portanto, perda de sinal
- Usada para aplicações de longa distância, mas não tão longa quanto a fibra monomodo (até ~2Km, 6.560 pés)
- Utiliza LEDs como fonte de luz, frequentemente dentro de redes locais ou a distâncias de algumas centenas de metros dentro de uma rede de cidade universitária

