

Universidade de São Paulo Instituto de Física

Física Aplicada Aula 03

<http://disciplinas.stoa.usp.br/course/view.php?id=24279>

Profa. Márcia de Almeida Rizzutto

Edifício Oscar Sala – sala 220

rizzutto@if.usp.br

2º Semestre de 2016

Programa

- O Espectro Eletromagnético
 - Dimensões dos objetos
 - Produção de energia
- Revisão sobre ondas Mecânicas;
- Princípios de acústica - Efeito Doppler;
 - Imagens por Ultrassom
 - Levitação mecânica
 - Ondas de rádio;
- Revisão das Equações de Maxwell - Equação da onda eletromagnética
 - Estrutura atômica – Revisão de física moderna;
 - Lasers e Aplicações
 - Descrição dos princípios de geração dos Raios-X:
 - Tubos de raios-X e radiação Síncrotron
 - Aceleradores de partículas
 - Propriedades dos Raios-X – Absorção e interação com a matéria
- Imagens médicas obtidas com Raios-X – Radiografia e tomografia.
 - Uso de técnicas atômico-nucleares para análise de materiais
 - Ressonância magnética nuclear

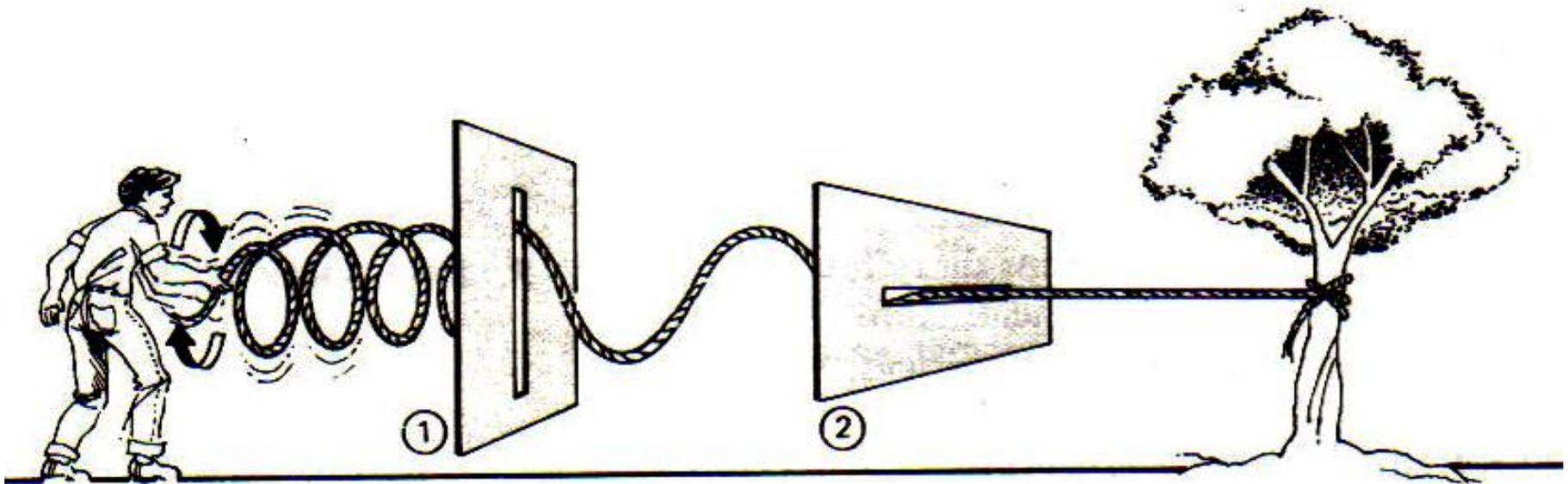
Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
agosto						
	Aula 1		Aula 2			
	Aula 3		Aula 4			
	Aula 5		Aula 6			
	Aula 7		Aula 8			
setembro						
	SEMANA DA	DA	PÁTRIA			
	AULA 9		não AULA			
	não AULA		não AULA			
	Aula 10		Aula 11/AP1			
outubro						
	Aula 12/AP2		Aula 13/AP3			
SEMANA Física	Aula 14		Período			
	Aula 15/AP4		Aula 16/AP5			
	Aula 17/AP6		Aula 18 /AP7			
	Aula 19/AP8					
novembro			Período			
	Aula 20		Aula 21			
	RECESSO	Período	não AULA			
	Aula 22		Aula 23			
	Aula 24		Aula 25			
dezembro						
	PROVA					

Calendário

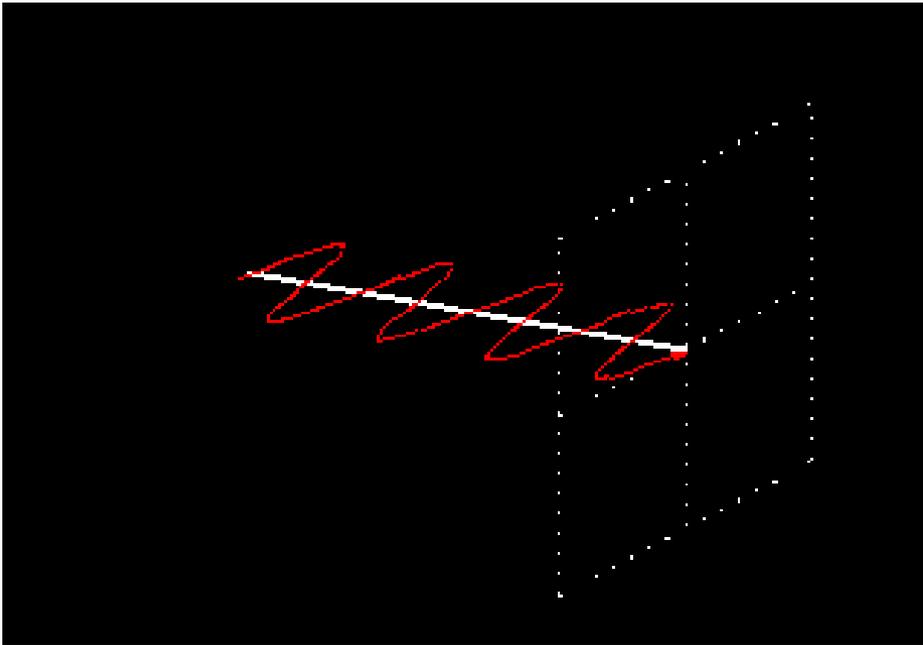
Fenômenos ondulatórios

Polarização:

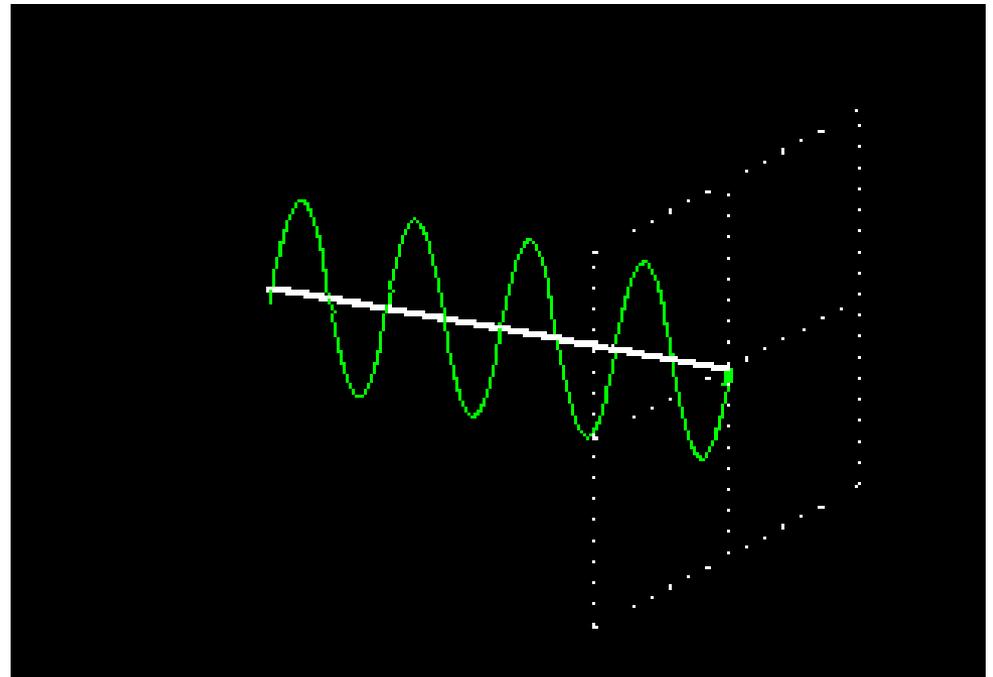
Uma onda natural (não polarizada) é aquela que possui várias direções de vibração, em relação a direção de propagação. Polarizar uma onda é fazê-la vibrar em uma única direção. A polarização é exclusiva das ondas transversais, não ocorrendo esse fenômeno com as ondas longitudinais.



Polarização horizontal

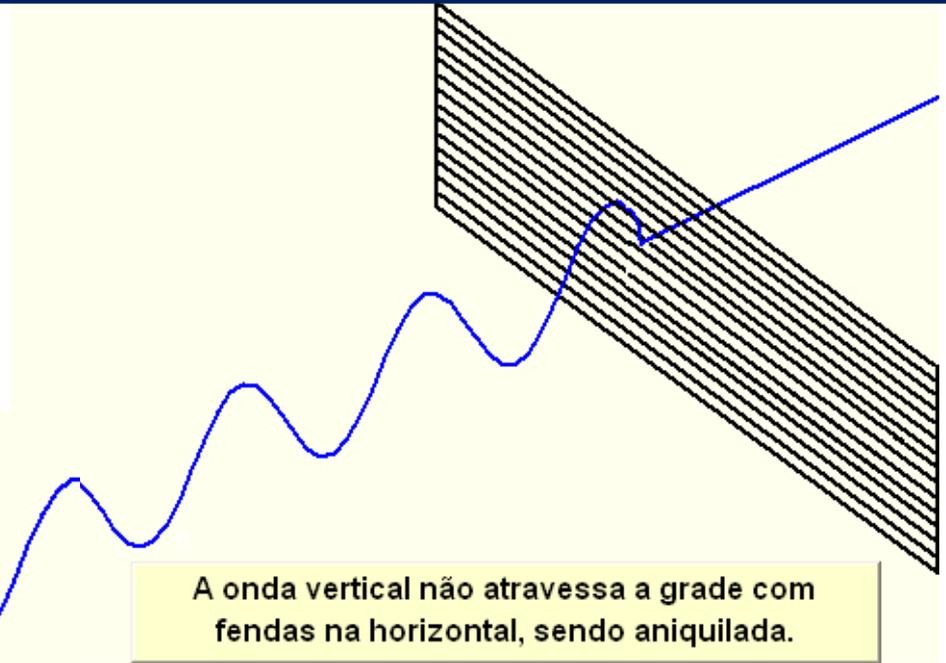
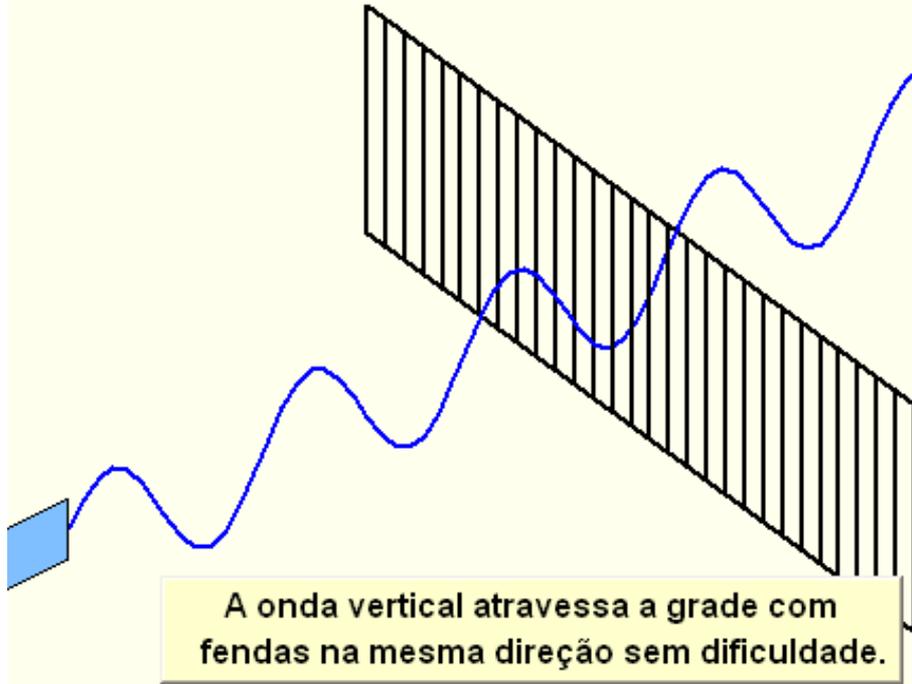


Polarização vertical



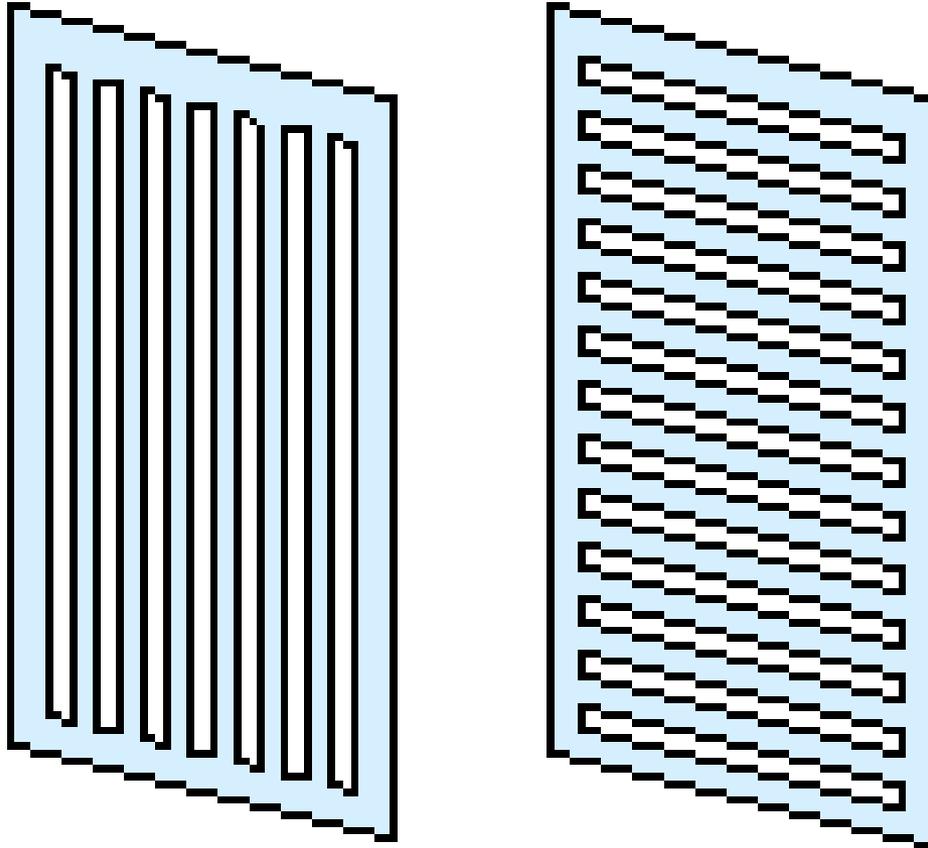
Fenômenos ondulatórios

Polarização:



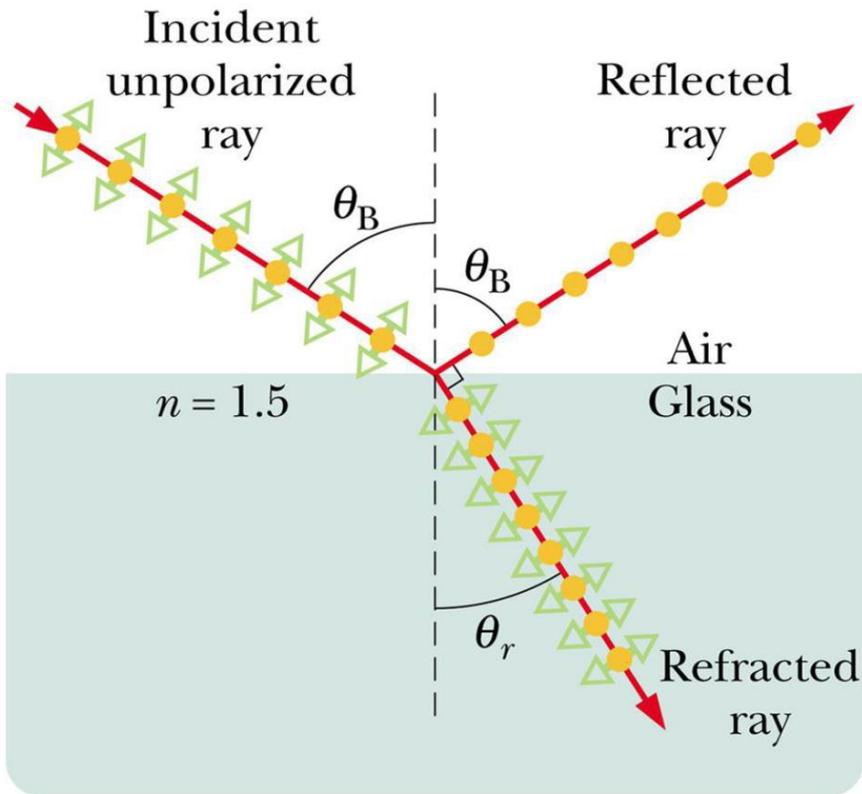
Fenômenos ondulatórios

Polarização:



Fenômenos ondulatórios

Polarização por reflexão



● Componente perpendicular a página

↔ Componente paralela a página

Raios refletidos: podem ser total ou parcialmente polarizados.

Para o ângulo de Brewster, a luz refletida possui apenas componente perpendicular → Totalmente Polarizada.

Geralmente → Parcialmente Polarizada

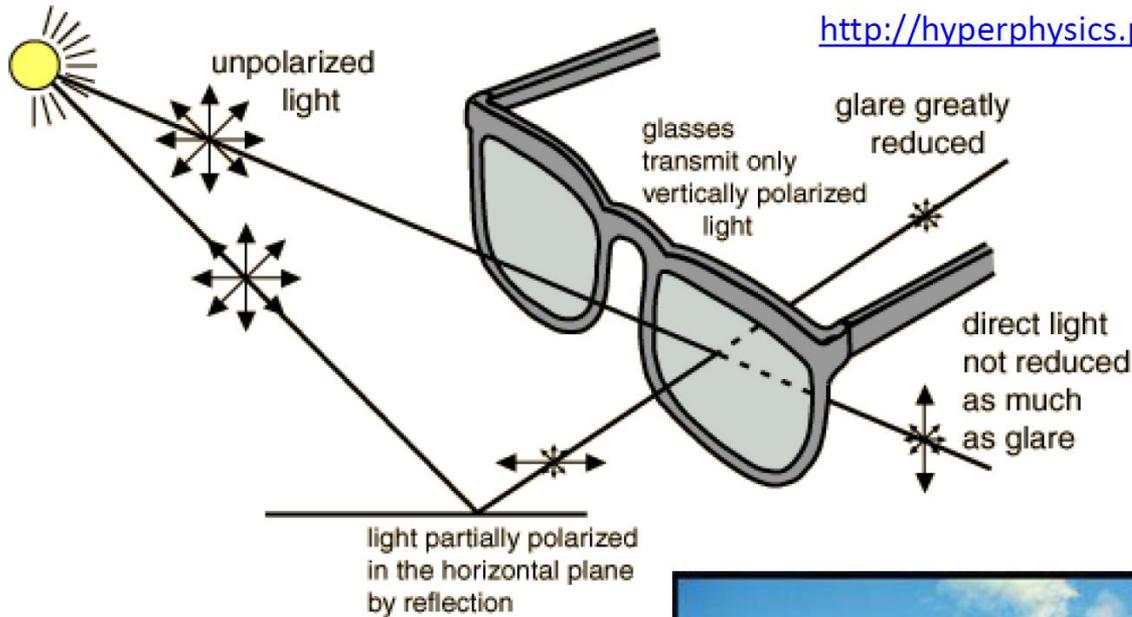
Lei de Brewster

$$\theta_B = \arctan(n_2/n_1)$$

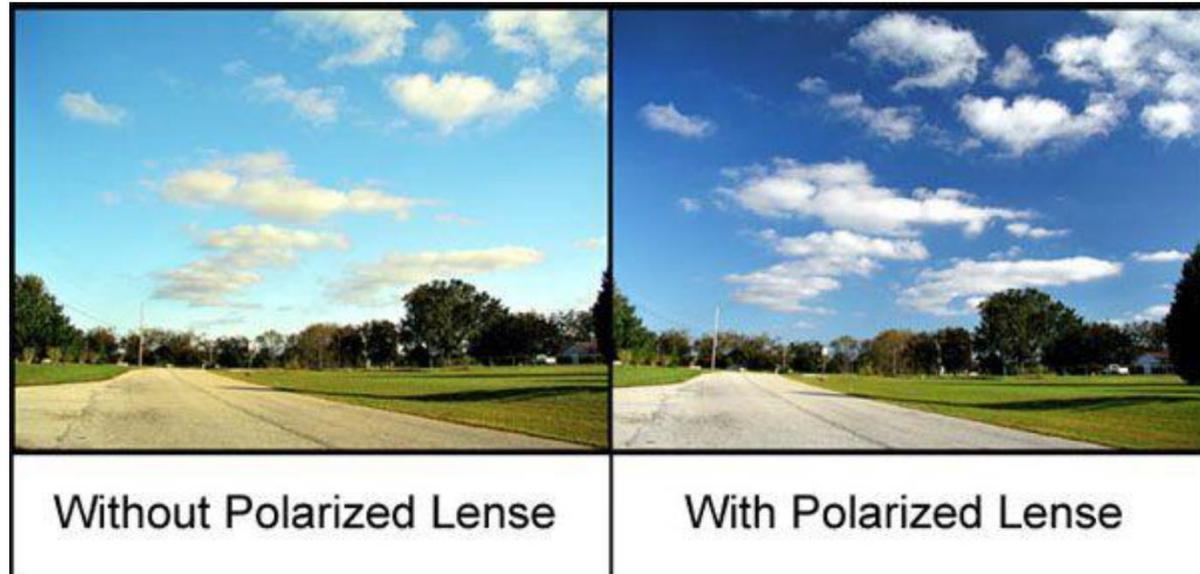


Fenômenos ondulatórios

Polarização por reflexão

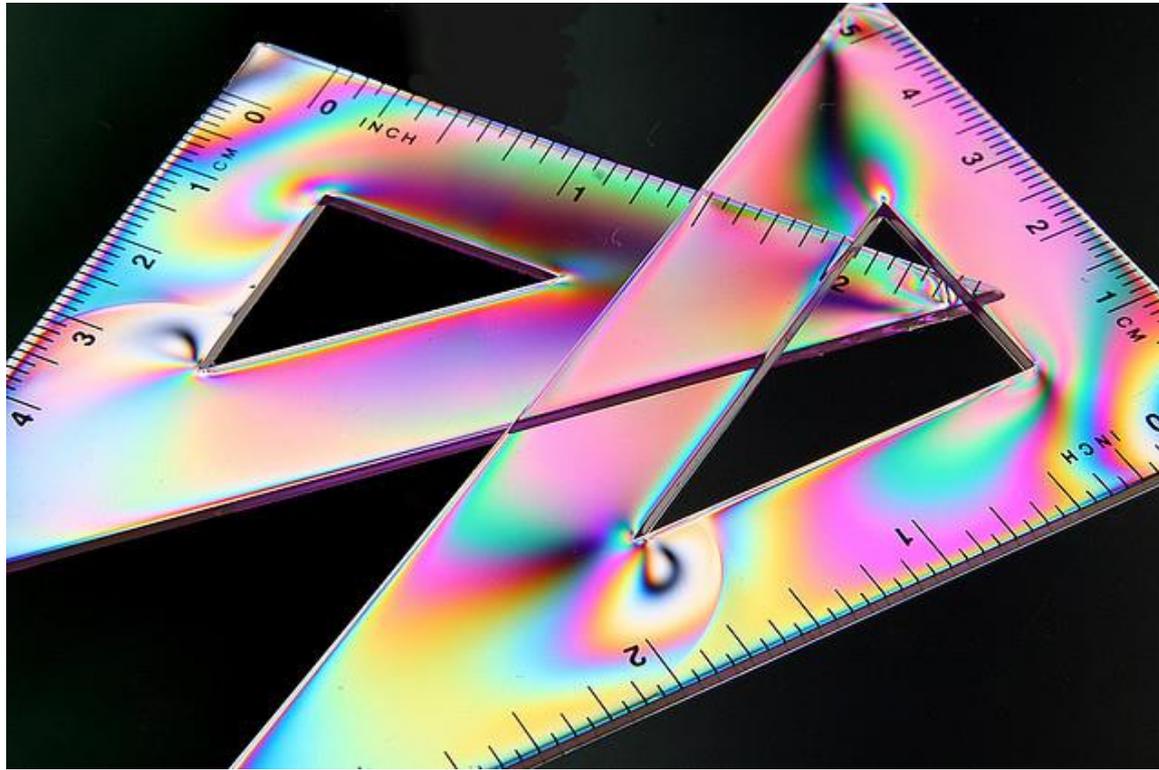


<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/polabs.html>



Fenômenos ondulatórios

Aplicação: Fotoelasticidade



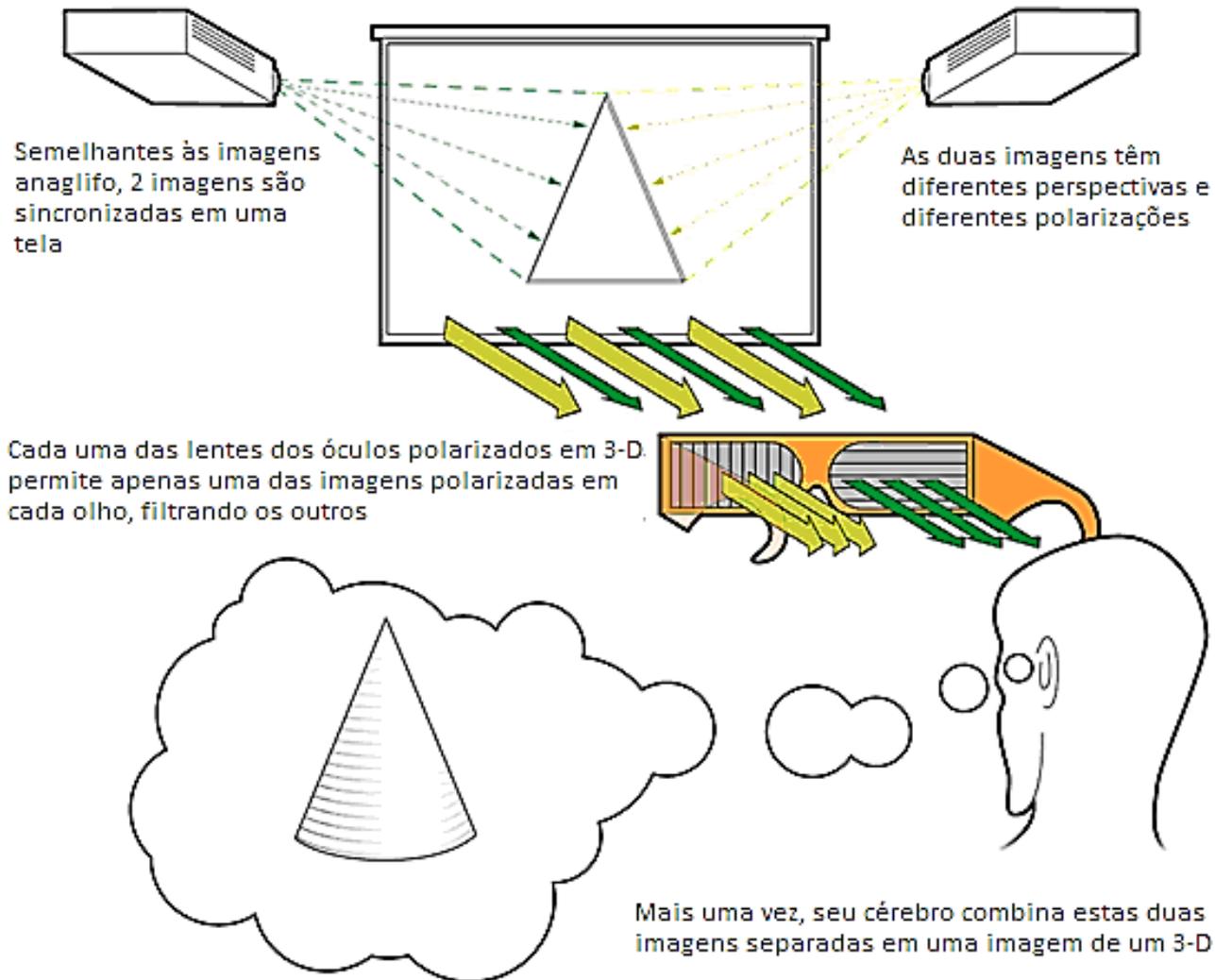
Pode-se aferir sobre a distribuição de tensões bem como suas direções ao longo de um material

A polarização da luz é um fenômeno muito utilizado para visualizar o quanto um material transparente sofreu processo de estresses internos quando exposto a uma tensão mecânica.

Fenômenos ondulatórios

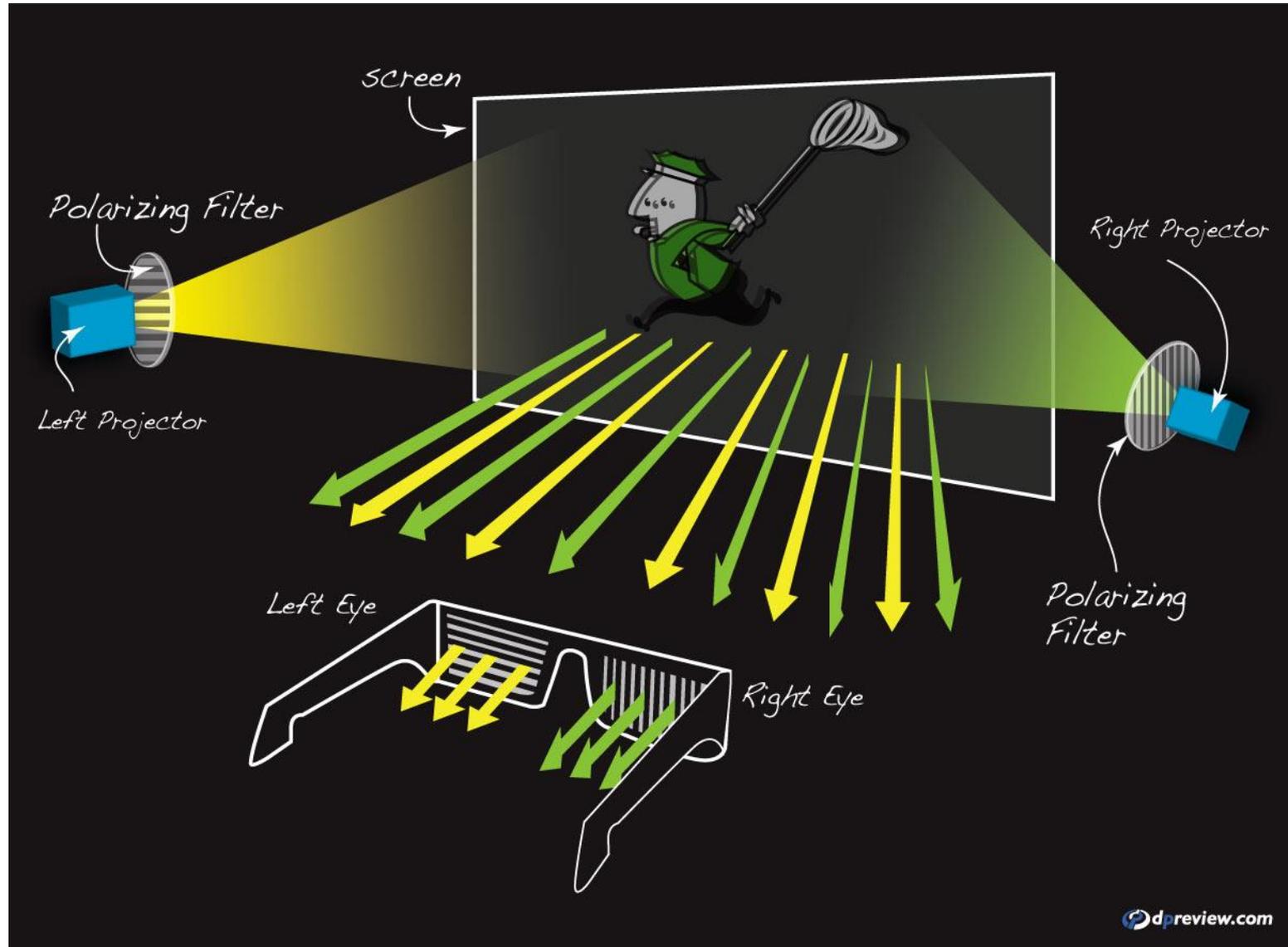
Aplicação: Cinema 3D

Óculos Polarizador 3-D



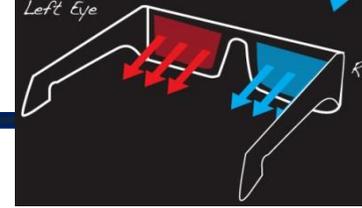
Fenômenos ondulatórios

Aplicação: Cinema 3D

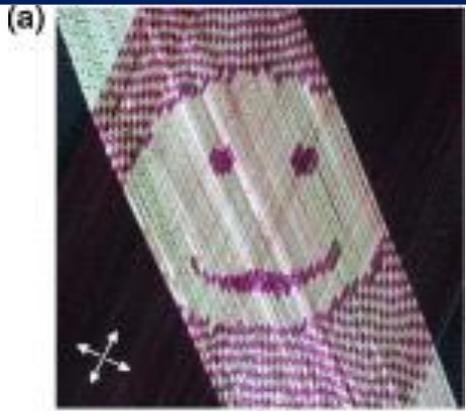


Fenômenos ondulatórios

Aplicação: Cinema 3D



Aplicação: polarização na Indústria Têxtil



(a) fotografias de imagens com luz polarizada-cruzada em um tecido produzido com P3HT / fitas de UHMW-PE tecidas em $\phi \sim \pm 45^\circ$, ilustrando o potencial para a incorporação de elementos ópticos escondidos em estruturas têxteis (orientação dos polarizadores cruzados indicados).



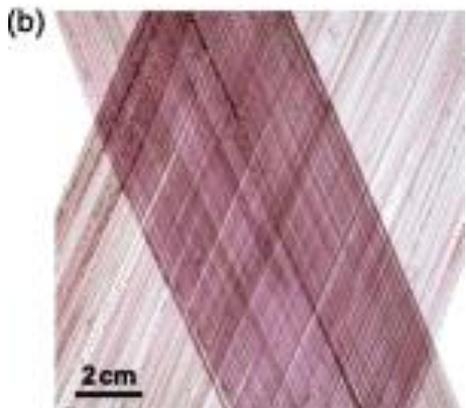
(b) fotografia não polarizada do mesmo tecido, exibindo uma aparência uniforme e sem traços característicos quando observado com luz de fundo branca.

Há agora uma maneira de diferenciar entre roupas de grife e imitações. O pesquisador Christian Müller (Universidade de Tecnologia Chalmers) produziu um fio com propriedades ópticas únicas, que podem ser usadas para criar padrões invisíveis em tecidos que são apenas visíveis sob luz polarizada. O fio utilizado é feito de polietileno e uma molécula de corante que absorve a luz visível, o desenho fica invisível a olho nu, mas pode ser visto usando um filtro de polarização

Patterned optical anisotropy in woven conjugated polymer systems

[C. Müller](#)^{1,a}, [M. Garriga](#)² and [M. Campoy-Quiles](#)²

Appl. Phys. Lett. 101, 171907 (2012)



Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: CD x DVD x Blu-ray



www.TopTenREVIEWS.com

Even More Storage

Introduzido em 1982, o Disco Compacto foi o padrão para gravação de áudio e armazenamento de dados. No entanto, o desenvolvimento da TV de alta definição e armazenamento digital de filmes deu origem a dois formatos subseqüente com mais capacidade de armazenamento e melhores gravações de qualidade

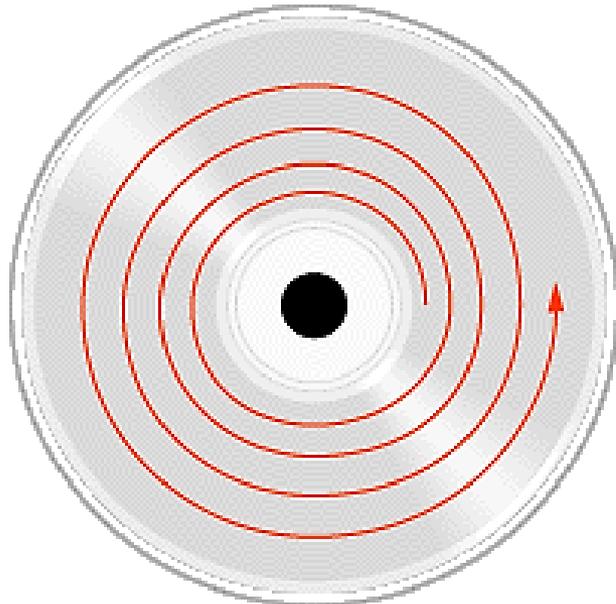
	CD	DVD	Blu-ray
TYPE	 Plastic optical disc with a metalized surface that is commonly used for digital audio storage	 (Digital Versatile Disc or Digital Video Disc) Optical disc storage for video and audio	 High-capacity optical storage disc
LAUNCH YEAR	1982	1997	2006
CAPACITY	74 to 79 Min. (Audio) or 700MB of data	More than enough room for a full-length feature film or 4.7 GB	20 hours of audio or video or up to 50GB (double-sided disc)

Um byte consiste de 8 bits (8 zeros ou uns).
Ao reunir oito zeros e uns, podemos fazer 256 combinações diferentes
(00000000 ... 00101110 ... 11101011 ... 11111111).

Um byte tem um valor entre 0 e 255

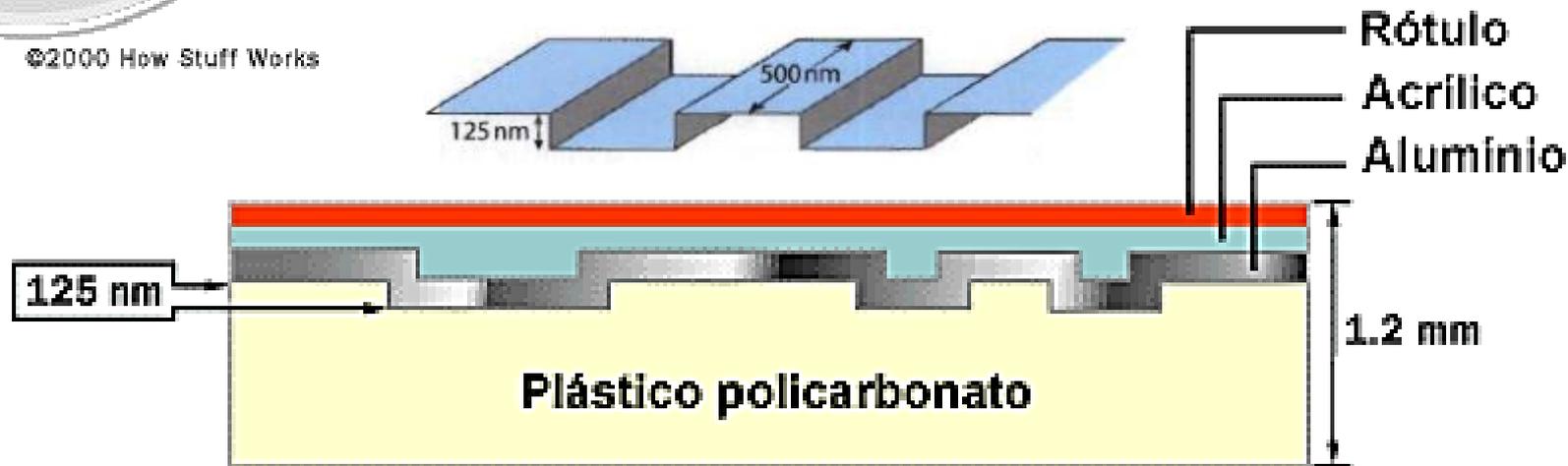
Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: as camadas de um CD



©2000 How Stuff Works

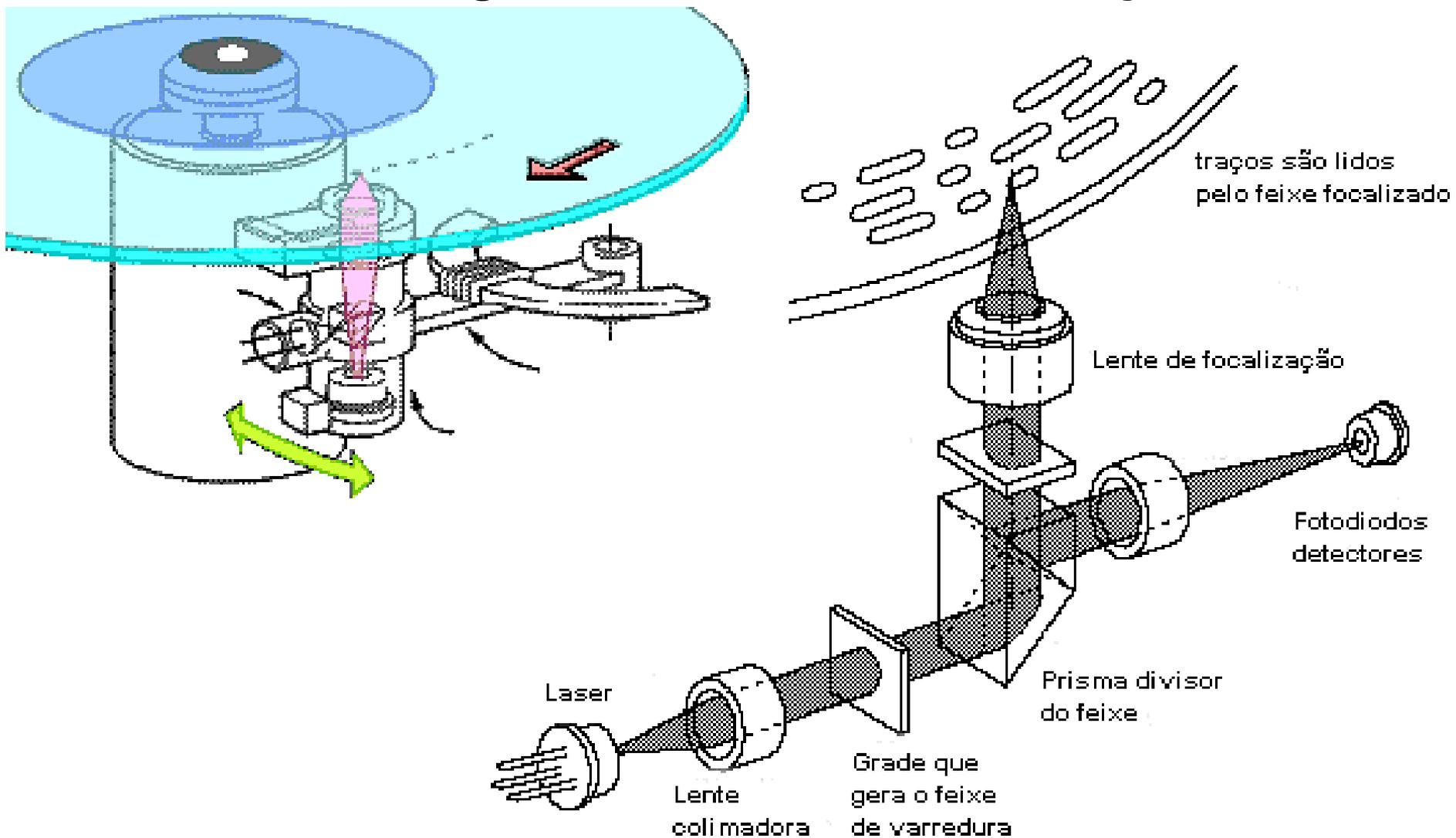
- ✓ Existe uma única trilha em espiral;
- ✓ Espiral possui em torno de 20.000 voltas, totalizando 5,3 km;
- ✓ Velocidade linear constante;
- ✓ Mesma densidade em todas as trilhas;
- ✓ Trilhas mais externas: velocidade menor;
- ✓ Trilhas mais internas: velocidade maior.



©2000 How Stuff Works

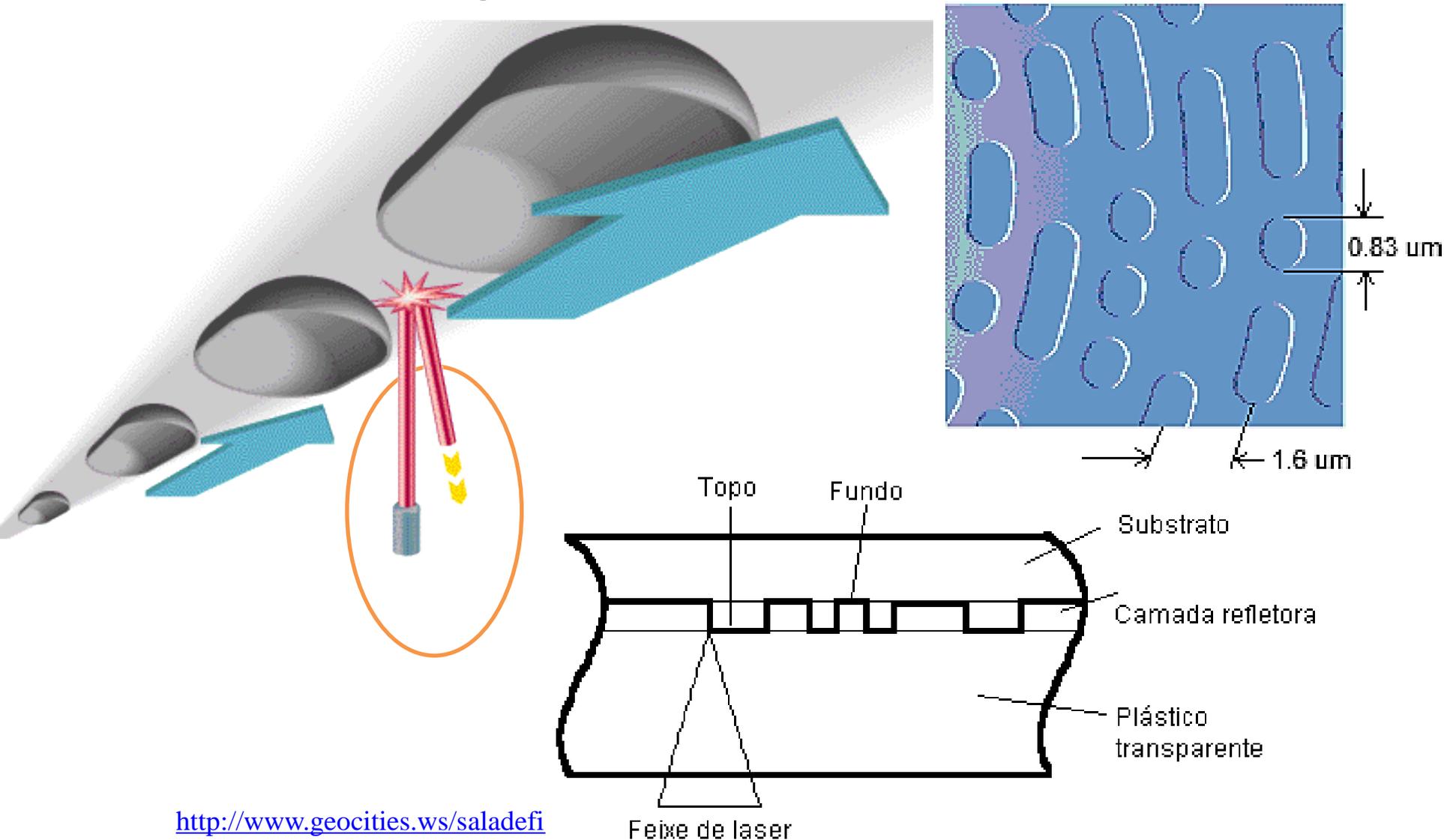
Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: Leitura das informações



Reflexão, Interferência e Difração Da Luz

Contexto Tecnológico: Leitura das informações



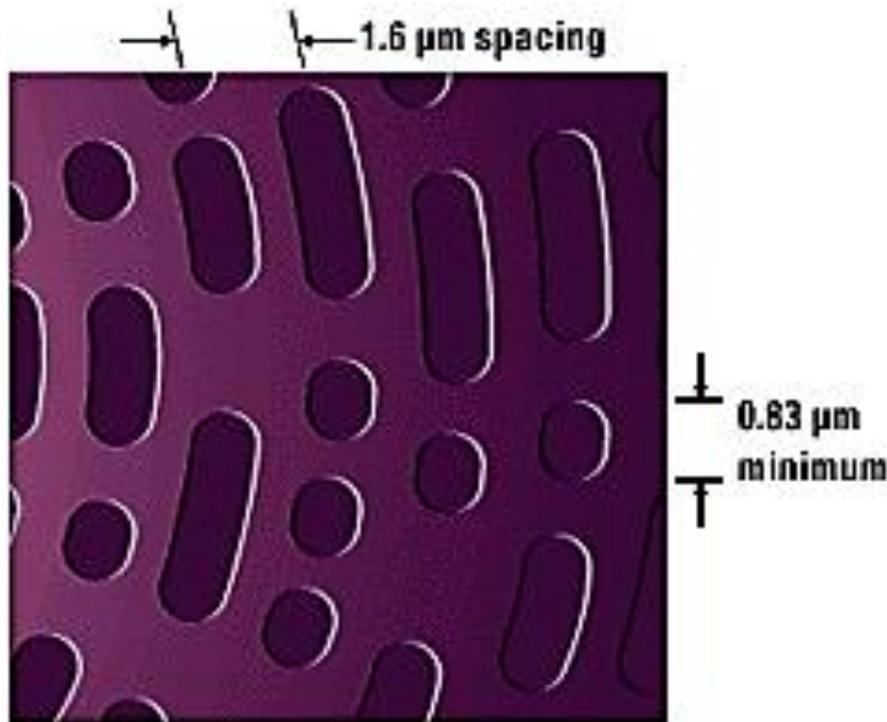
<http://www.geocities.ws/saladefi>

<http://www.students.ic.unicamp.br/~970812/am008/cd.html>

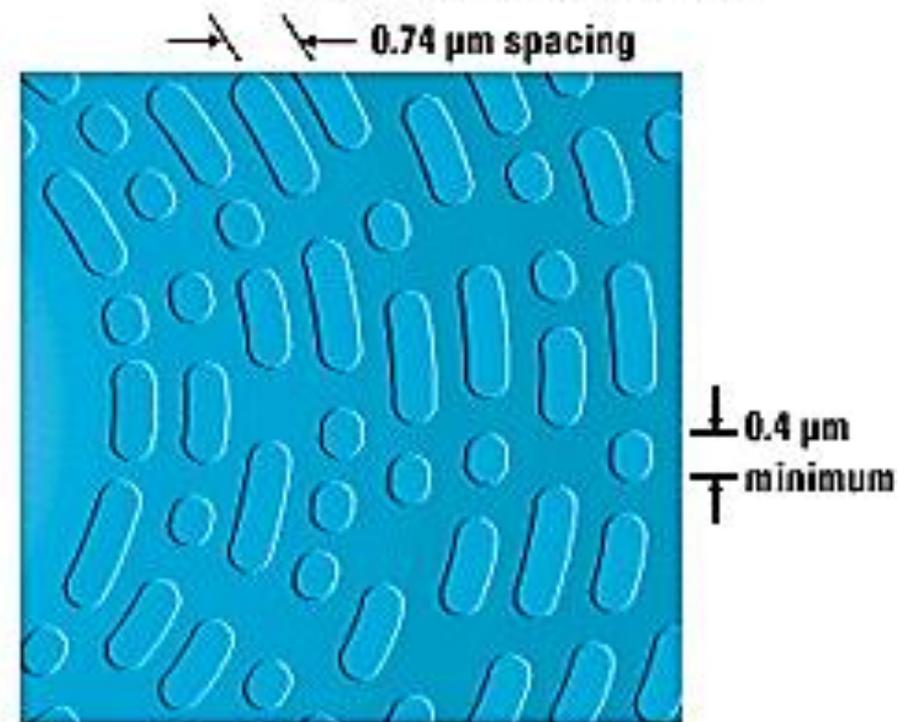
Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: CD versus DVD

From Computer Desktop Encyclopedia
Reproduced with permission.
© 1998 C-Cube Microsystems



CD-ROM



DVD

<http://www.geocities.ws/saladefisica7/funciona/cd.html>

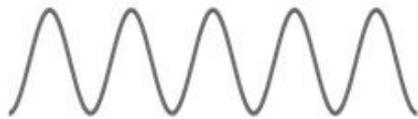
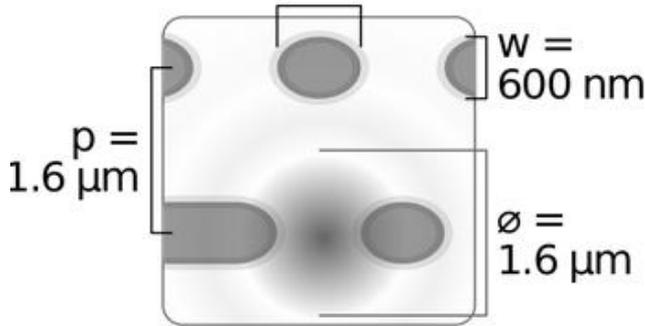
<http://www.students.ic.unicamp.br/~970812/am008/cd.html>

Reflexão, Interferência e Difração da Luz

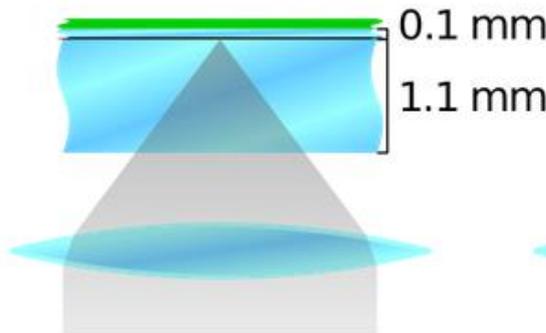
Contexto Tecnológico: CD x DVD x Blu-ray

CD

$l = 800 \text{ nm}$

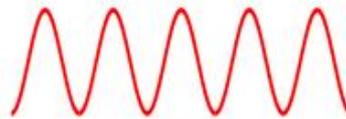
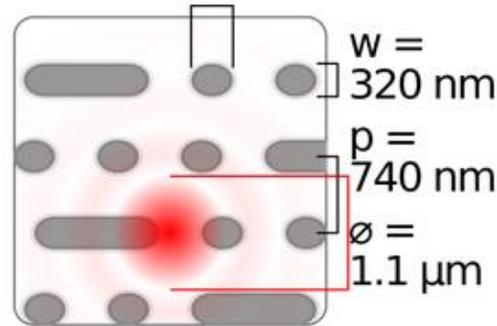


$\lambda = 780 \text{ nm}$

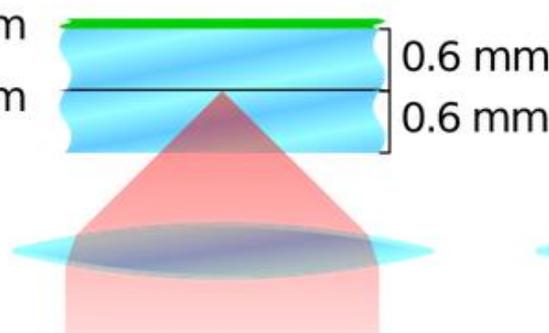


DVD

$l = 400 \text{ nm}$

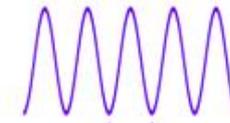
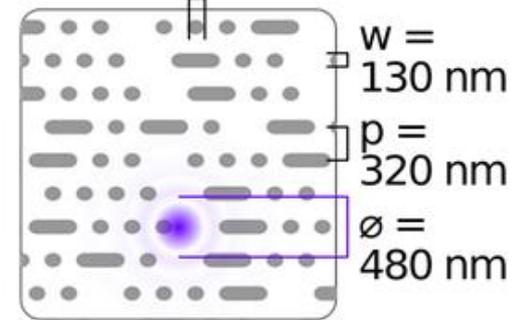


$\lambda = 650 \text{ nm}$

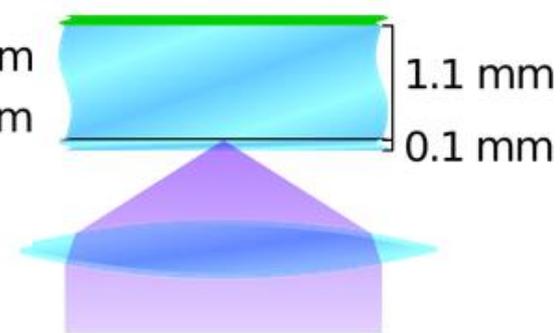


Blu-ray

$l = 150 \text{ nm}$



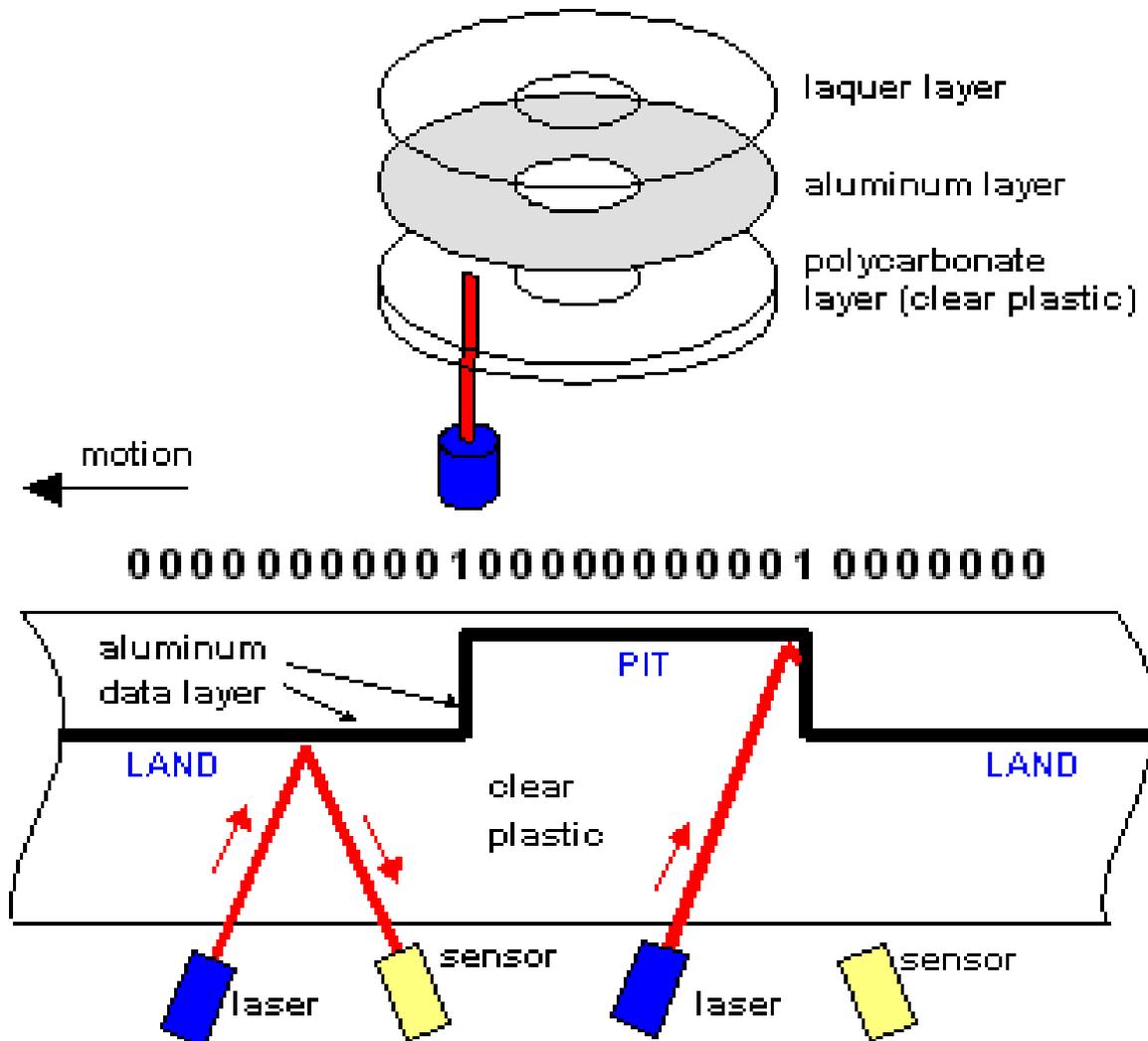
$\lambda = 405 \text{ nm}$



Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: leitura

From Computer Desktop Encyclopedia
© 1998 The Computer Language Co., Inc.

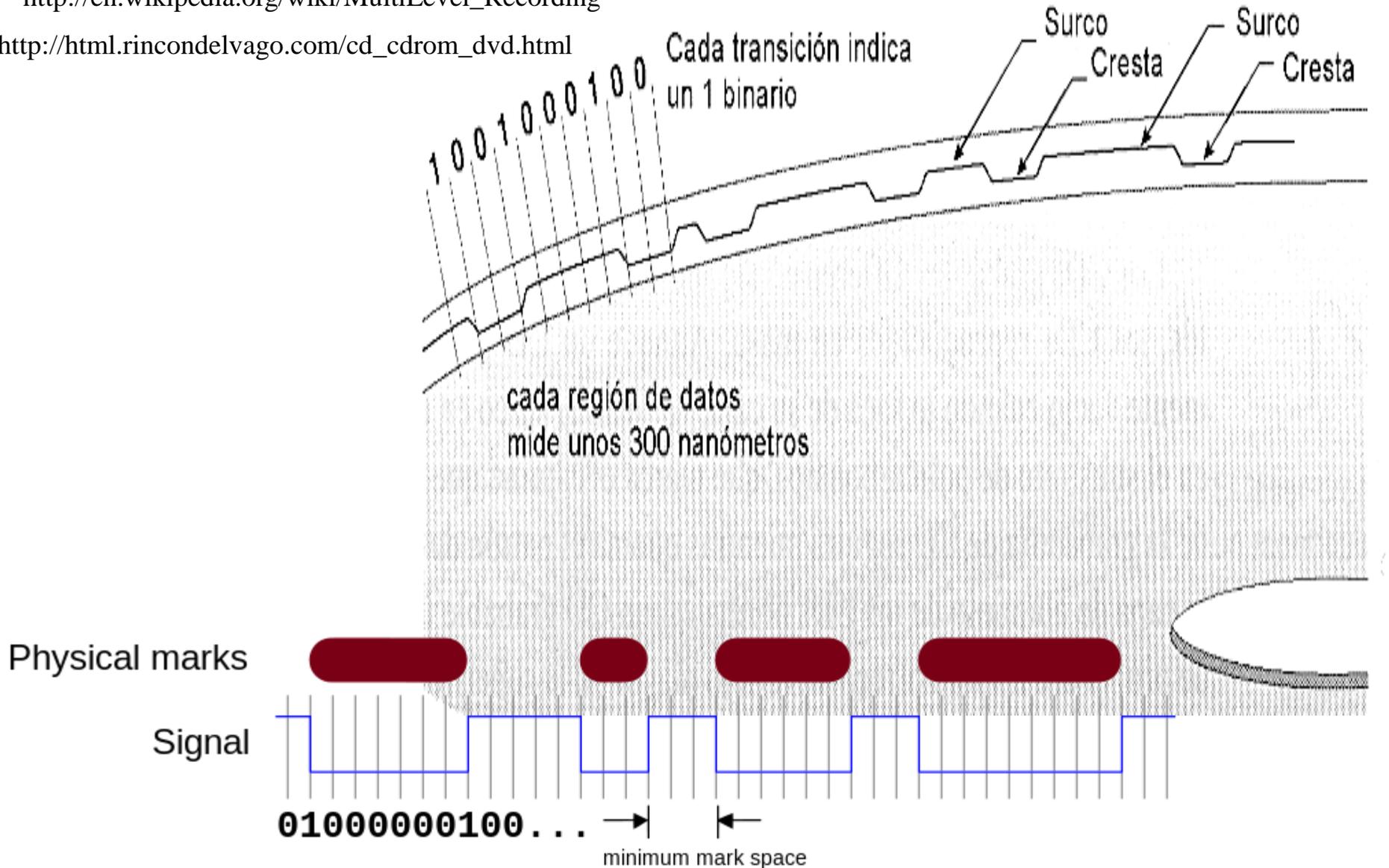


Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: leitura óptica

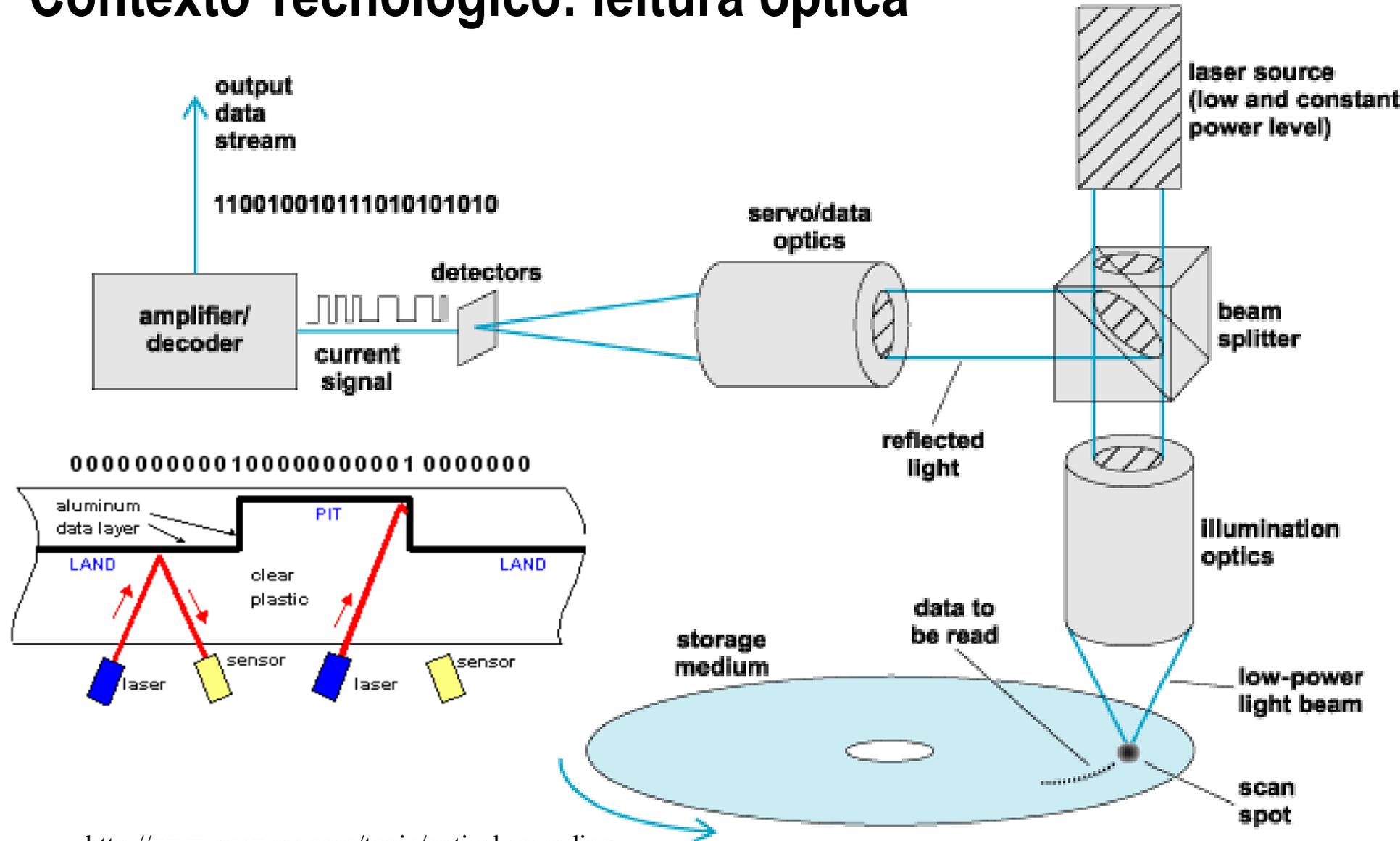
http://en.wikipedia.org/wiki/MultiLevel_Recording

http://html.rincondelvago.com/cd_cdrom_dvd.html



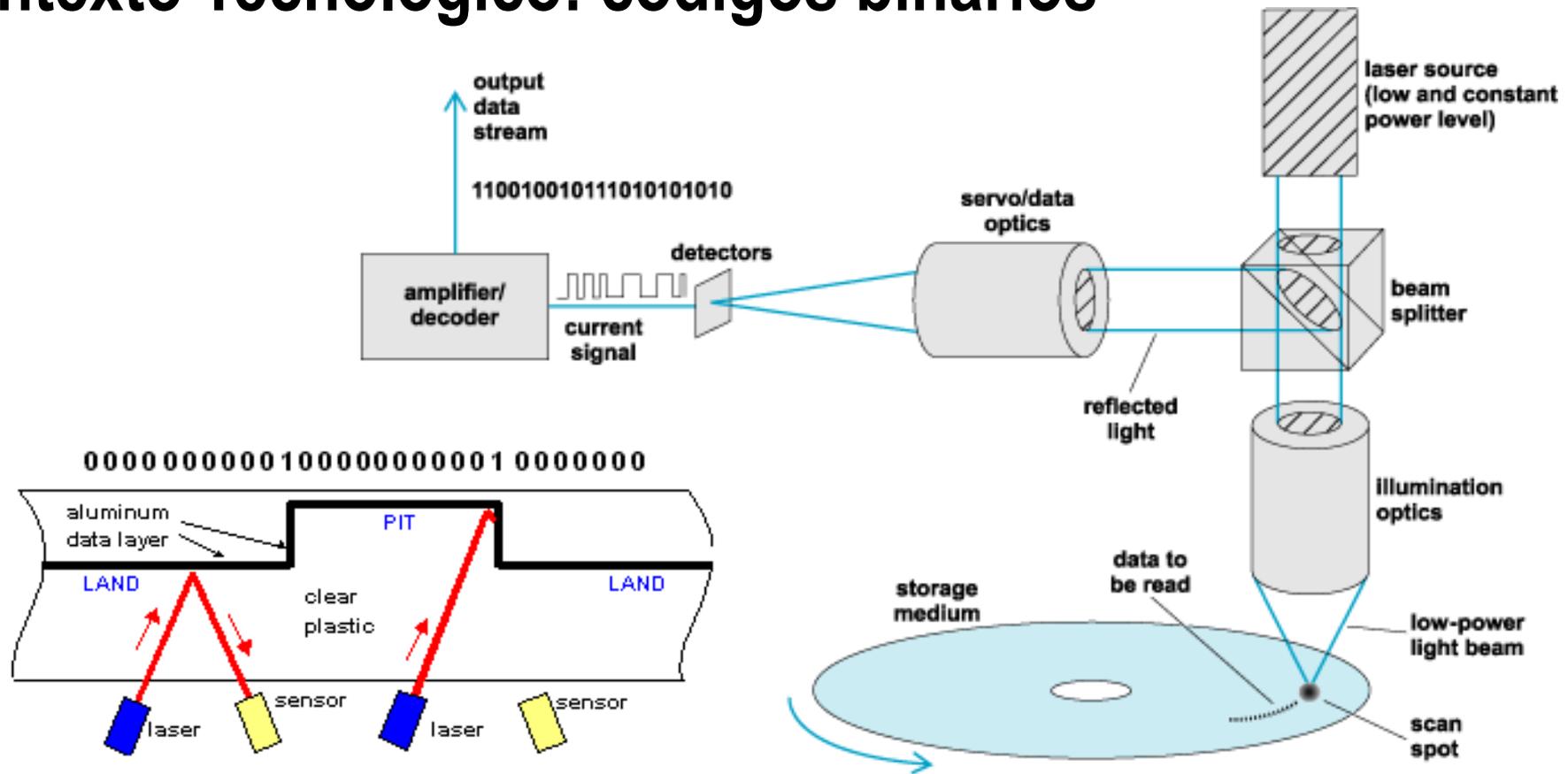
Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: leitura óptica



Reflexão, Interferência e Difração da Luz

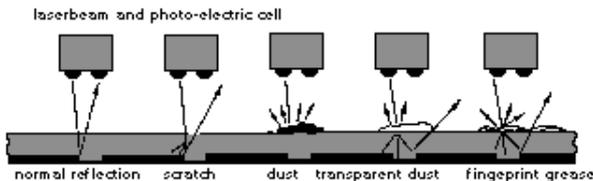
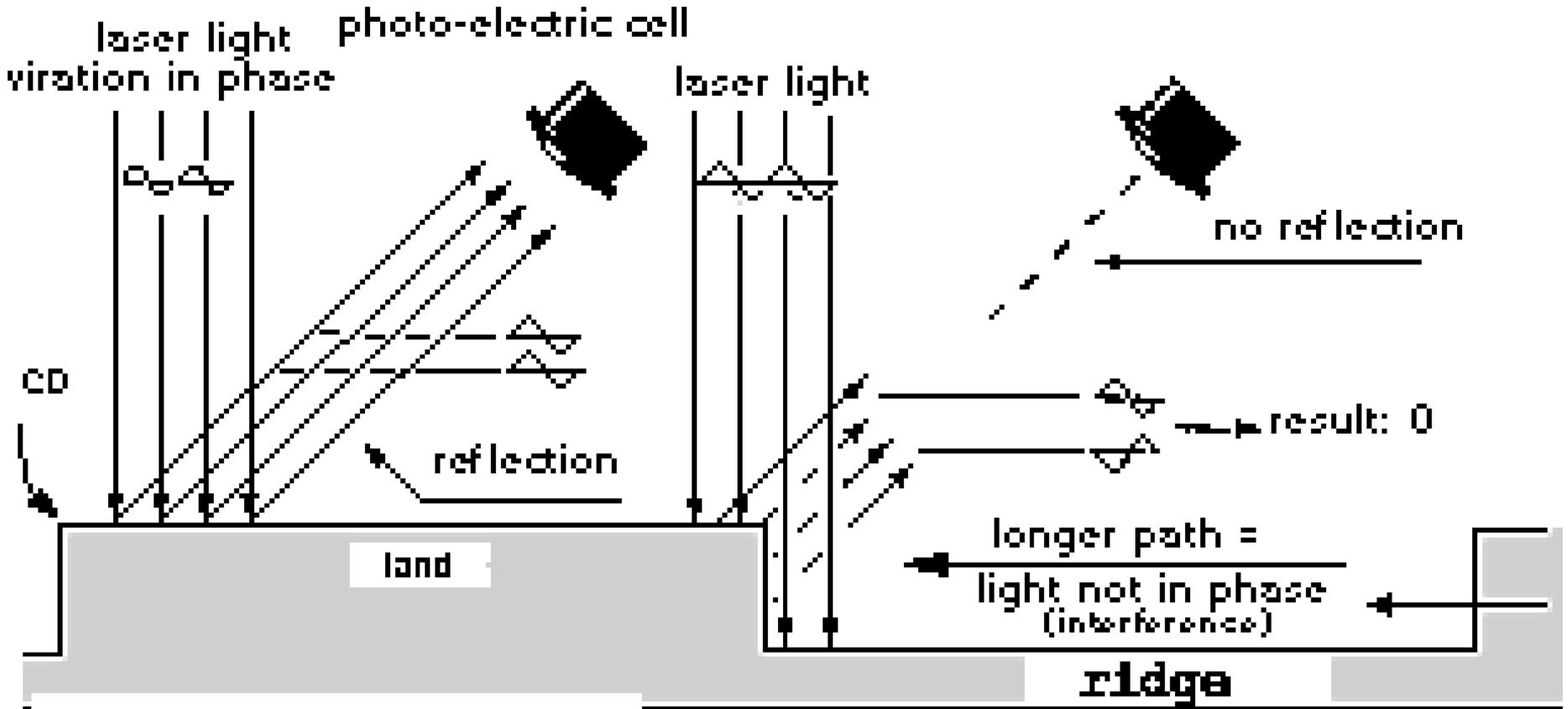
Contexto Tecnológico: códigos binários



Como a interação da luz incidente do laser com a refletida na superfície da medida geram os códigos 0 e 1?

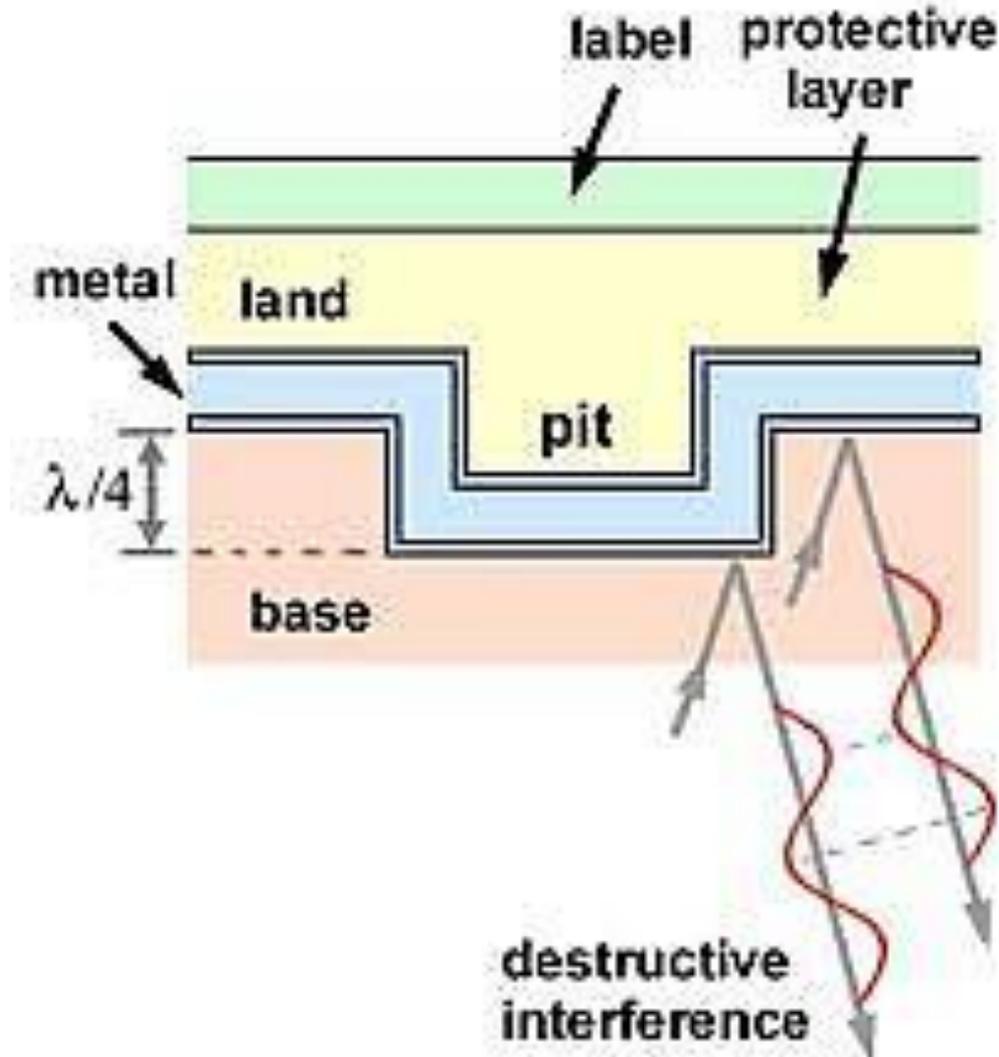
Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: interferência destrutiva



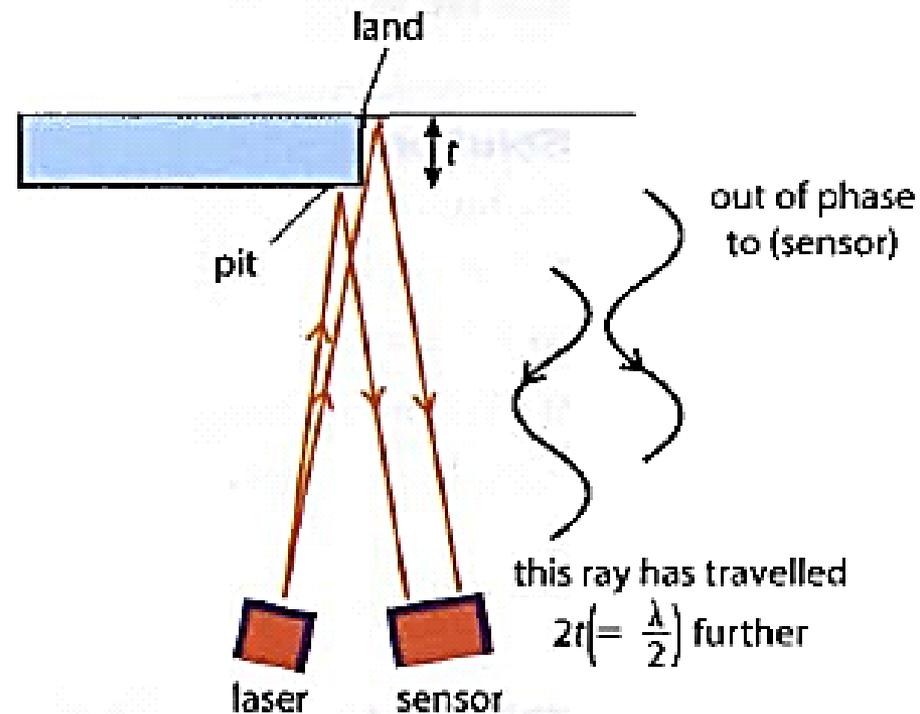
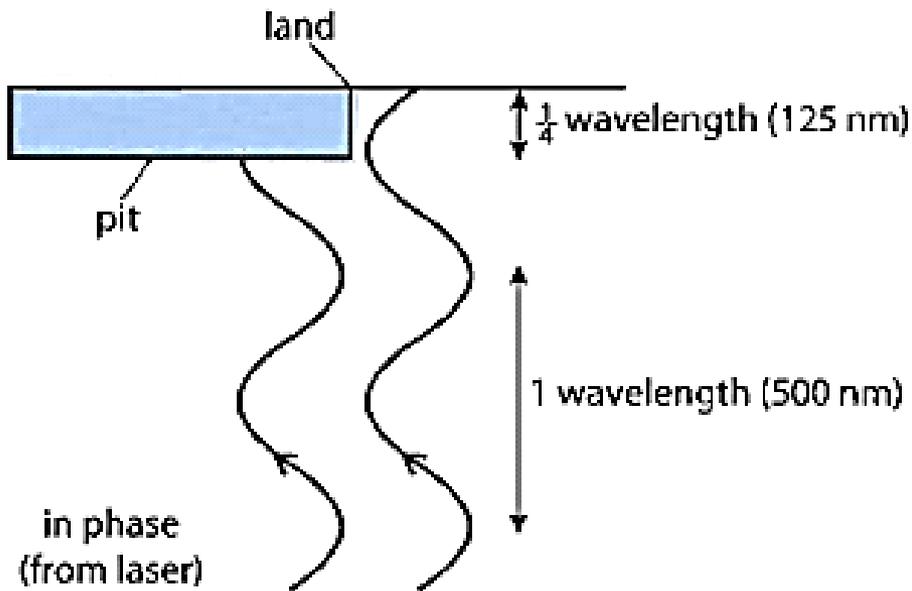
Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: interferência destrutiva



Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: interferência destrutiva



Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: limite de resolução

LIMITE DE RESOLUÇÃO

- LR de um microscópio é a capacidade de:
 - Separar detalhes
 - Produzir imagens separadas de partículas muito próximas
 - É a menor distância que deve existir entre dois pontos para que eles apareçam separado



Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: limite de resolução

Limite de Resolução

$$LR = \frac{K \cdot \lambda}{AN}$$

- K é uma constante
- λ é o **comprimento de onda luz**
- AN é a abertura numérica da lente objetiva
- O limite de resolução é diretamente proporcional ao comprimento de onda e inversamente proporcional a abertura numérica.

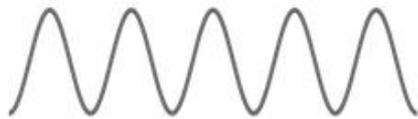
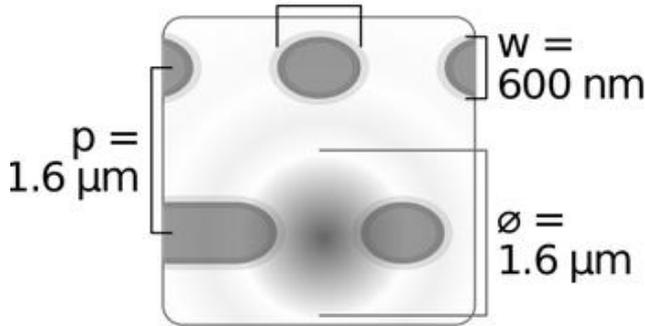
Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: CD x DVD x Blu-ray

techwikasta.com

CD

$l = 800 \text{ nm}$

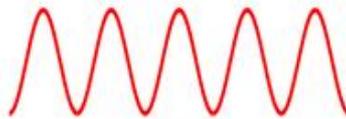
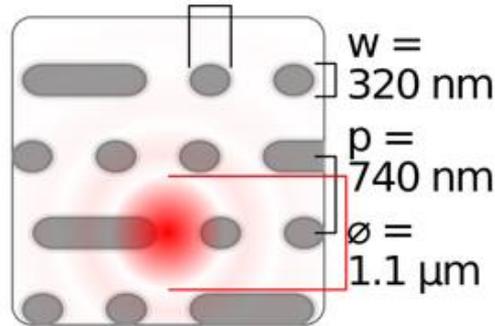


$\lambda = 780 \text{ nm}$

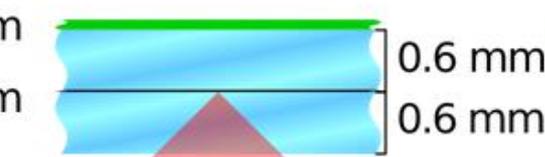


DVD

$l = 400 \text{ nm}$

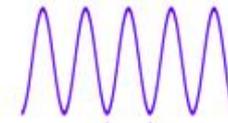
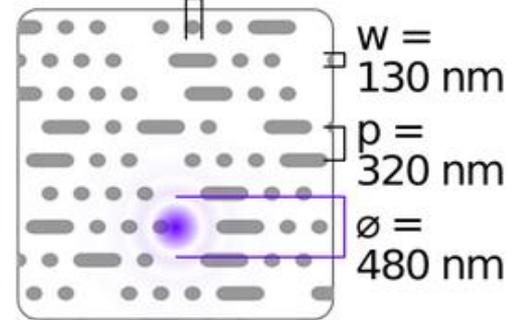


$\lambda = 650 \text{ nm}$



Blu-ray

$l = 150 \text{ nm}$



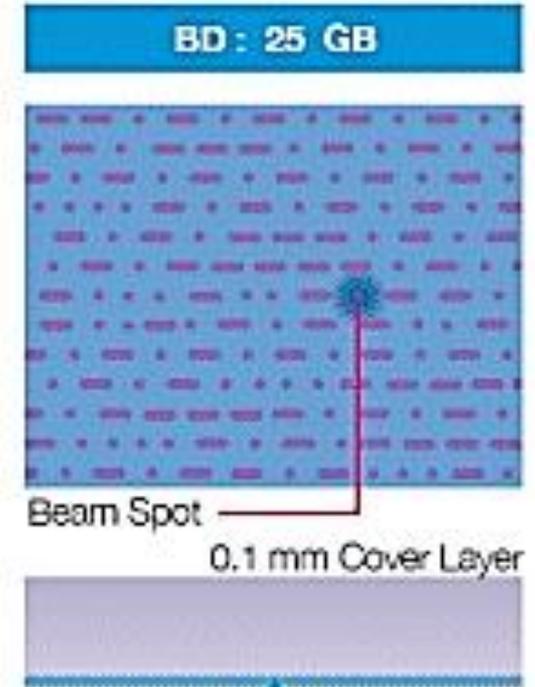
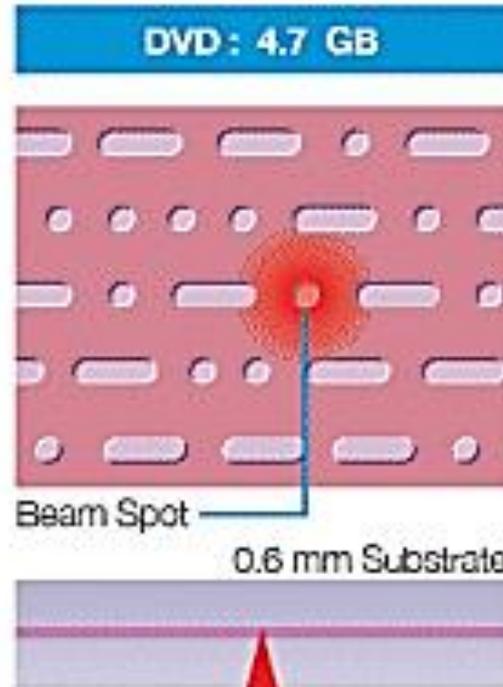
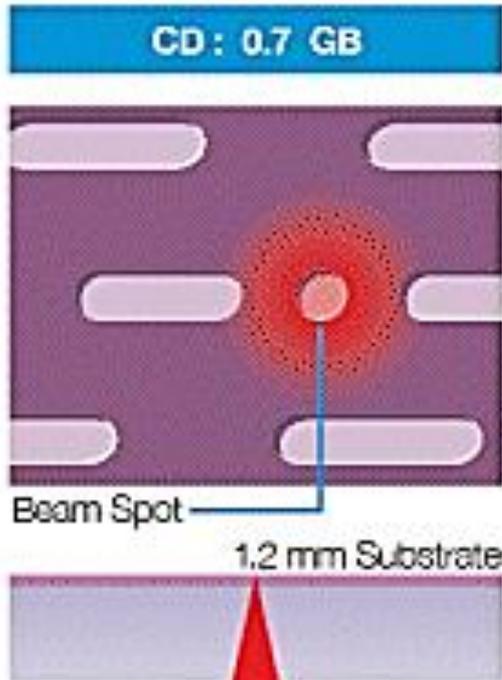
$\lambda = 405 \text{ nm}$



A importância do limite de resolução do laser

Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico: limite de resolução



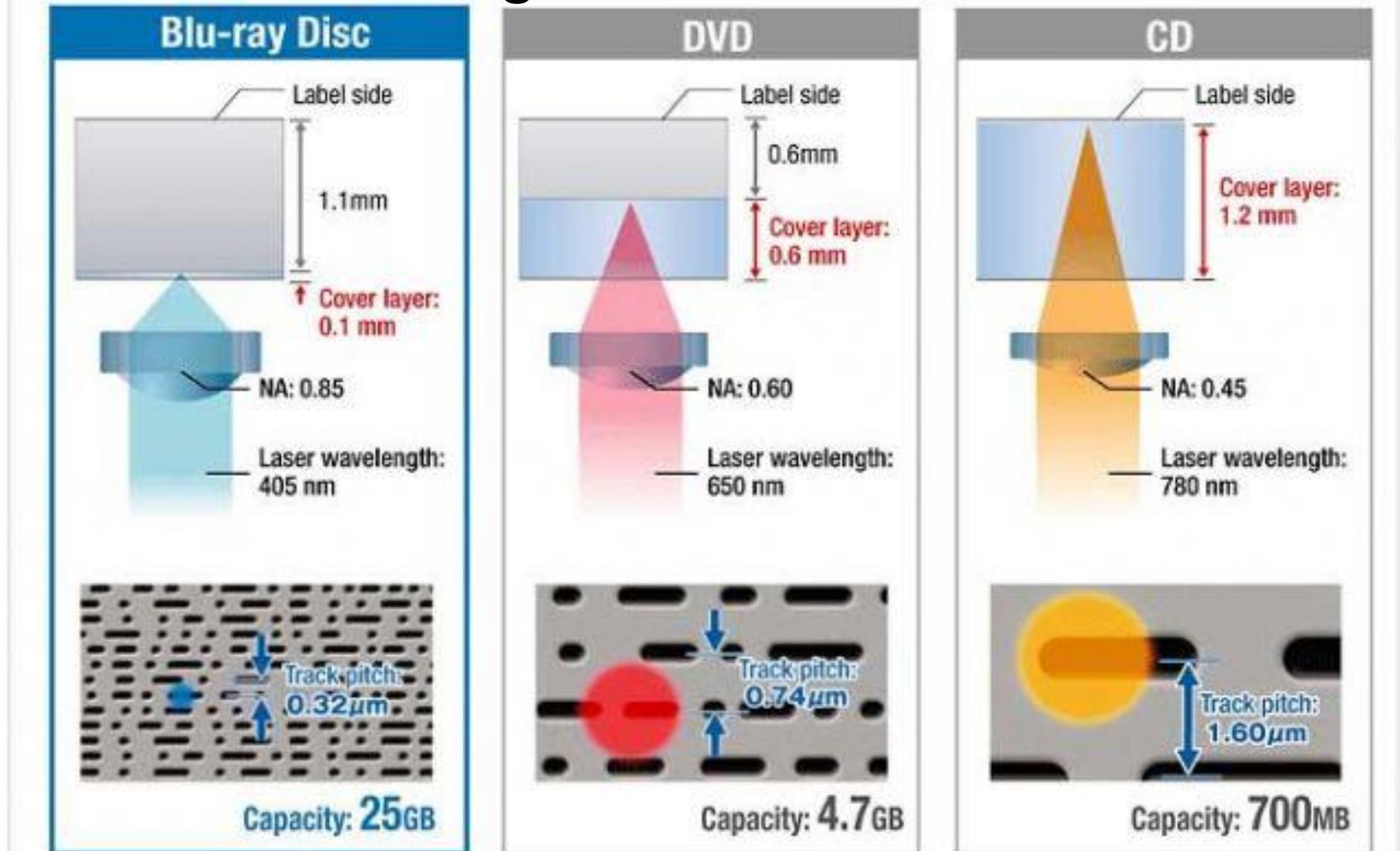
Limite de Resolução

$$LR = \frac{K \cdot \lambda}{AN}$$



Reflexão, Interferência e Difração da Luz

Contexto Tecnológico



1 MB = 1 megabyte = 1 000 000 de bytes

1 GB = 1 gigabyte = 1 000 000 000 de bytes

1 TB = 1 Tera bytes = 1 000 000 000 000 bytes

Revisão sobre ondas

Ondas sonoras

Mas antes de continuarmos trabalhando com os fenômenos de interferência e outros,
VAMOS OLHAR AS ONDAS SONORAS

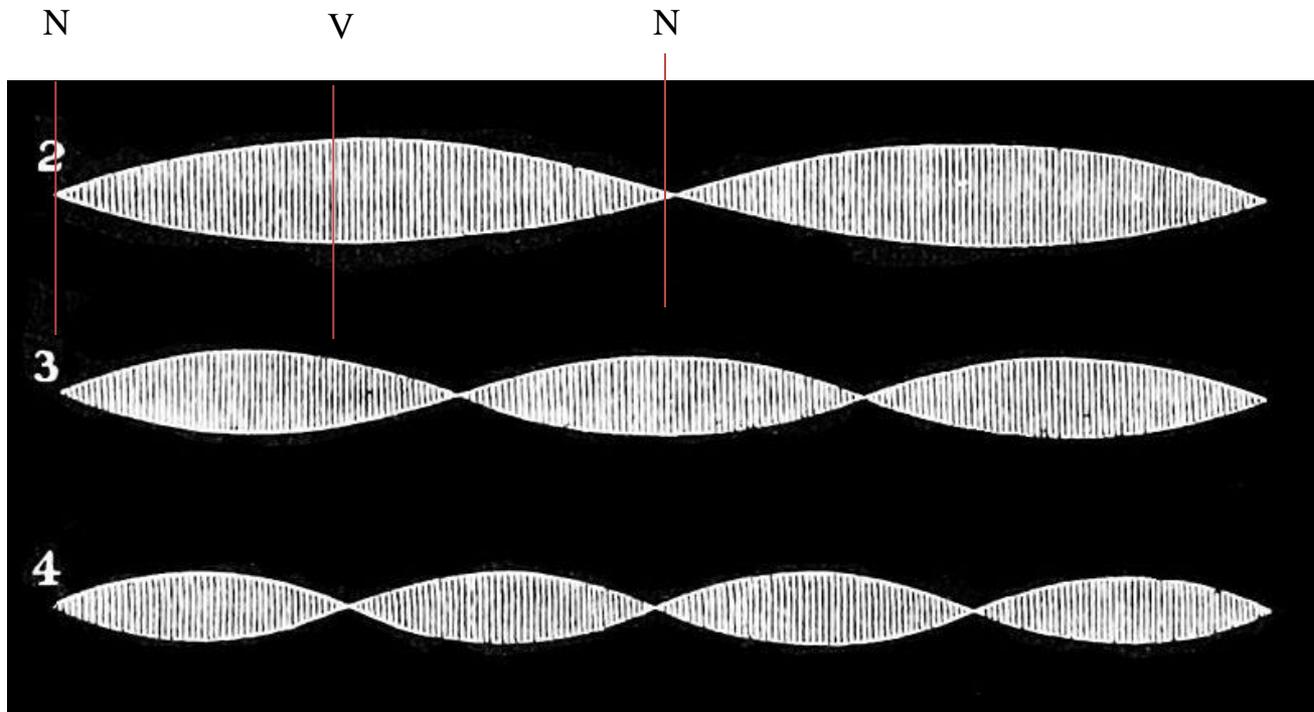
PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOM

- Os principais efeitos com os quais os engenheiros de som e músicos têm que lidar são:
- Difração
- Reflexão
- Interferência
- Refração
- Efeitos de transmissão, absorção e dispersão das ondas.

Revisão sobre ondas

Ondas sonoras

Ondas podem ser longitudinais.
Portanto, as ondas sonoras são
longitudinais.

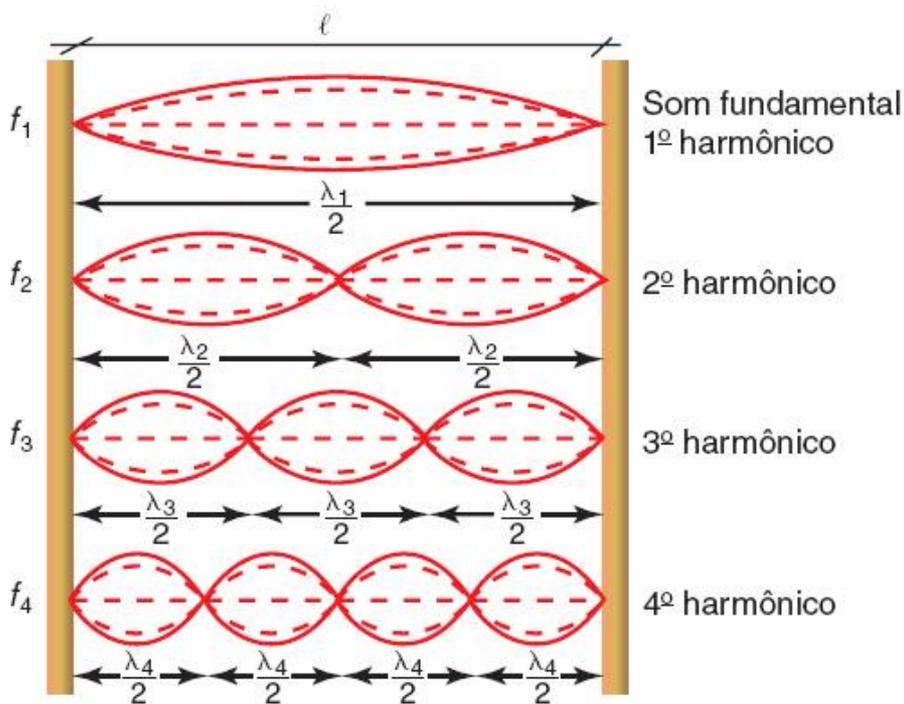


Revisão sobre ondas

Cordas Vibrantes

Modos normais em uma corda.

Instrumentos: pianos, violinos, guitarras – corda (de comprimento l) que está fixa em ambas as extremidades



Ondas estacionárias com nós e ventres. A distância entre dois nós adjacentes é igual a meio comprimento de onda ($\lambda/2$).

$$l = n\left(\frac{\lambda}{2}\right) (n = 1, 2, 3, \dots)$$

Relacionadas a estes comprimentos de onda temos as frequências:

$$v = \lambda f_n$$

$$f_n = \frac{v}{\lambda} = n \frac{v}{2l}$$

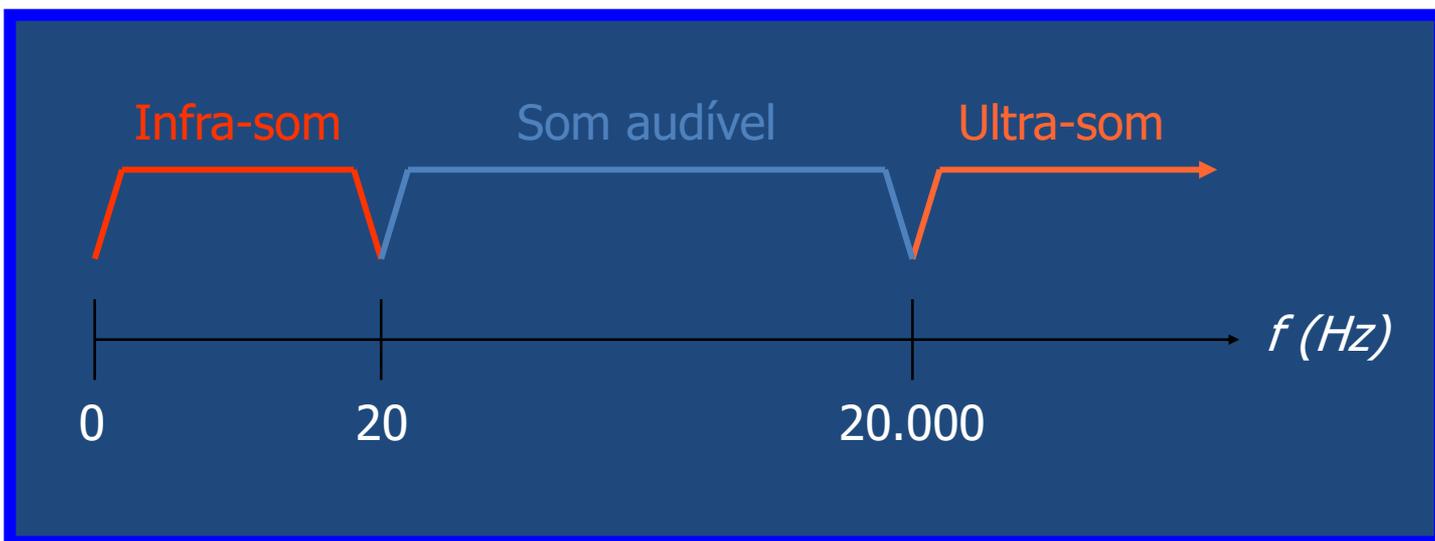
Frequência fundamental

$$f_1 = \frac{v}{2l}$$

Revisão sobre ondas

Acústica – A Freqüência do Som

- Infra-som: sons com freqüências abaixo de 20Hz. Não perceptível ao ser humano;
- Ultra-som: sons com freqüências acima de 20000Hz. Não perceptível ao ser humano;
- Som audível: sons com freqüências perceptíveis ao ser humano (20Hz a 20000Hz)

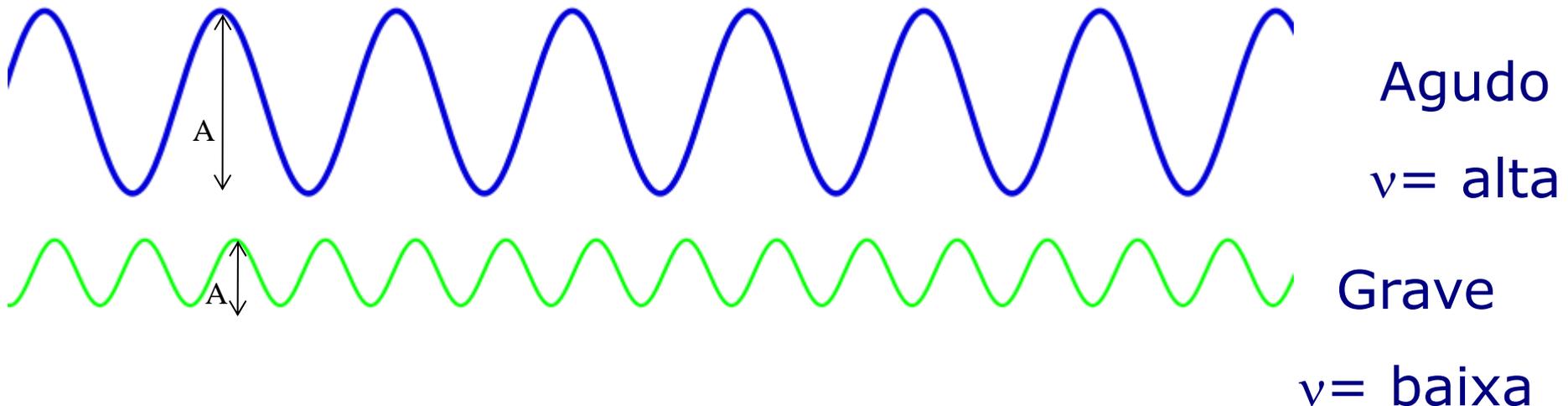


Revisão sobre ondas

Ondas sonoras

ALTURA: diferencia sons graves (baixo) de sons agudos (alto).

Está relacionado à frequência da onda.

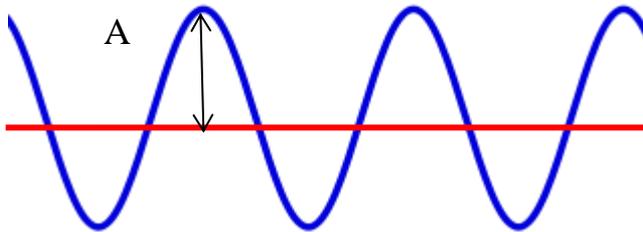


Revisão sobre ondas

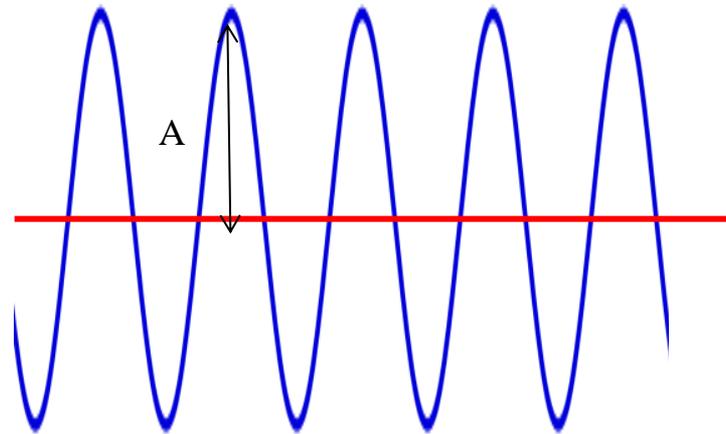
Ondas sonoras

INTENSIDADE (VOLUME): diferencia sons fortes de sons fracos.

Está relacionado à amplitude da onda.



Fraco



Forte

$$I = \frac{P}{A}$$

Razão entre a potência de uma onda sonora e a área atravessa por ela

Revisão sobre ondas

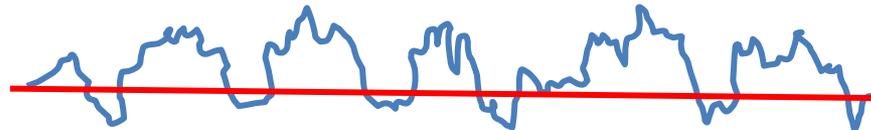
Ondas sonoras

TIMBRE: diferencia sons de mesma altura, mesma intensidade tocados em instrumentos diferentes.

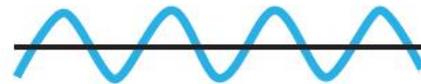
Está relacionado à forma da onda.



Som Musical Simples



Ruido, rock n' roll, etc



Diapasão



Vogal ``a`` (voz)



Violino



Baixo (voz)



Flauta



Vogal ``o`` (voz)



Piano

Os timbres dos vários instrumentos e da voz humana são diferentes porque são constituídos por misturas de frequências.

Revisão sobre ondas

Ondas sonoras

NÍVEL SONORO é a relação entre a intensidade do som ouvido e a intensidade mínima.

Limiar de audição: $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

Intensidade máxima suportável (limiar da dor):

$$I = 1 \text{ W/m}^2$$

$$\beta = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

unidade : decibel (dB)

Revisão sobre ondas

Ondas sonoras

$$\beta = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

unidade : decibel (dB)

Níveis sonoros
exemplificados por
ruídos do cotidiano



Revisão sobre ondas

Fenômenos ondulatórios

Reflexão do som

O cérebro humano tem persistência acústica de cerca de 0,1 s: se dois sons chegarem à orelha num intervalo de tempo menor que esse, a pessoa não será capaz de distingui-los.

O som refletido é chamado de:

- **eco**: o tempo de reflexão é superior a 0,1 s. O indivíduo ouve o som emitido e o som refletido separadamente.
- **reverberação**: o tempo é ligeiramente inferior a 0,1 s. A sensação do som emitido está começando a desaparecer quando ele é reforçado pelo som refletido. O indivíduo interpreta o som original como tendo duração ampliada.
- **reforço**: o tempo é bem inferior a 0,1 s. O organismo não distingue os sons, interpretando-os como um som único, de intensidade maior.

Revisão sobre ondas

Fenômenos ondulatórios

Difração do som

- O som consegue contornar uma abertura (ou obstáculo), desde que as dimensões dessa abertura sejam próximos do comprimento de onda sonora.
- No ar, respeitando-se o espectro de frequência audíveis, essas dimensões situam-se entre 1,7 cm e 17 m.

Revisão sobre ondas

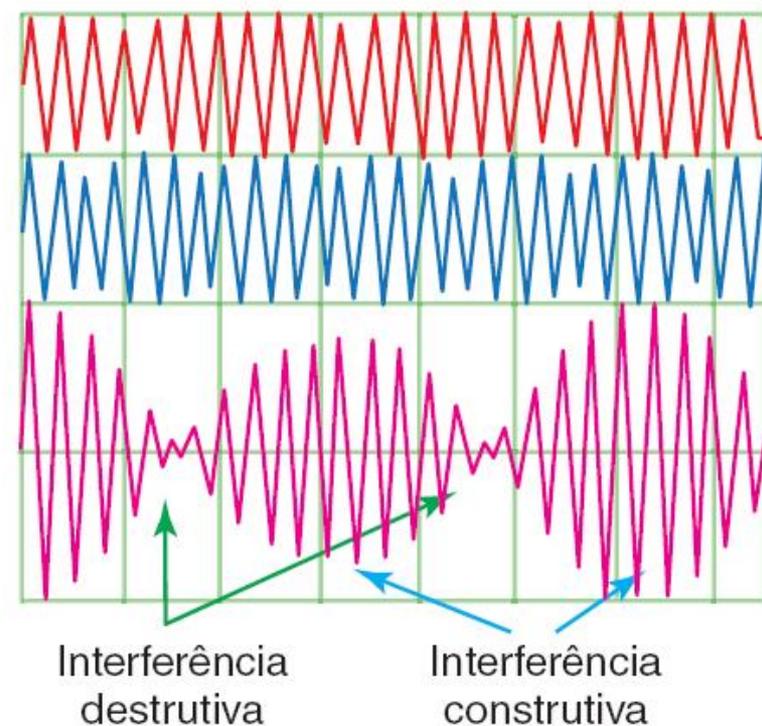
Fenômenos ondulatórios

Interferência sonora

Ocorre quando duas ondas sonoras se superpõem. Se possuem a mesma amplitude e frequências muito próximas, ocorre o chamado **batimento**.

As ondas vermelhas e azuis têm amplitude e frequências muito próximas. Quando combinadas, geram as ondas em magenta, que batem ou pulsam.

Observe as regiões de interferência destrutiva, em que a amplitude é praticamente zero, e as regiões de interferência construtiva, com uma amplitude que é praticamente o dobro da inicial.



A frequência da onda resultante do batimento depende das frequências das ondas originais:

$$f_{\text{magenta}} = |f_{\text{vermelha}} - f_{\text{azul}}|$$

Revisão sobre ondas

Acústica – A Velocidade do Som

- As ondas sonoras propagam-se em meios sólidos, líquidos e gasosos, com velocidades que dependem das diferentes características dos materiais. De um modo geral, as velocidades maiores ocorrem nos sólidos e as menores, nos gases.
- A 20°C , o som propaga-se no ferro sólido a 5100m/s , na água líquida a 1450m/s e no ar a 340m/s .

$$V_{\text{Sól.}} > V_{\text{Liq.}} > V_{\text{Gas.}}$$

VELOCIDADE DO SOM NO AR

$\sim 340 \text{ m/s}$ a 20°

\uparrow **Densidade** \Rightarrow **velocidade** \uparrow

$\sim 330 \text{ m/s}$ a 0°C

Revisão sobre ondas

Acústica – Velocidade do Som

$$V_{Sól.} > V_{Líq.} > V_{Gas.}$$

A velocidade de uma onda longitudinal em um fluido, depende do módulo de compressão (B) e da densidade do meio (ρ)

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

A velocidade de uma onda longitudinal em uma barra sólida pode se deformar lateralmente enquanto que um fluido no interior de um tubo não pode

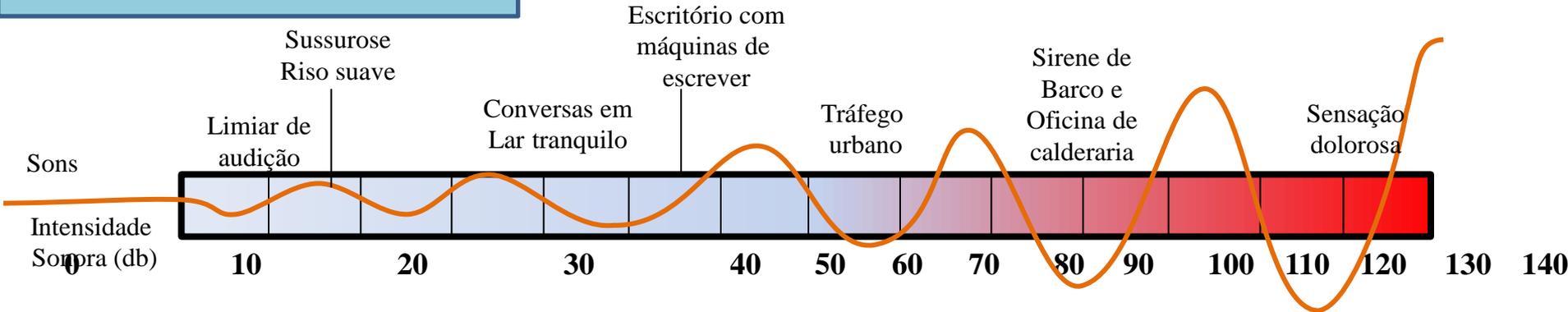
Gases	Velocidade do som m/s
Ar (20° C)	344
Hélio (20° C)	999
H (20° C)	1330
Líquidos	Velocidade do som m/s
Hélio Líq. (4K)	211
Hg (20° C)	1451
Água (0° C)	1402
Água (20° C)	1482
Água (100° C)	1543
Sólidos	Velocidade do som m/s
Alumínio	6420
Chumbo	1960
Aço	5941

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

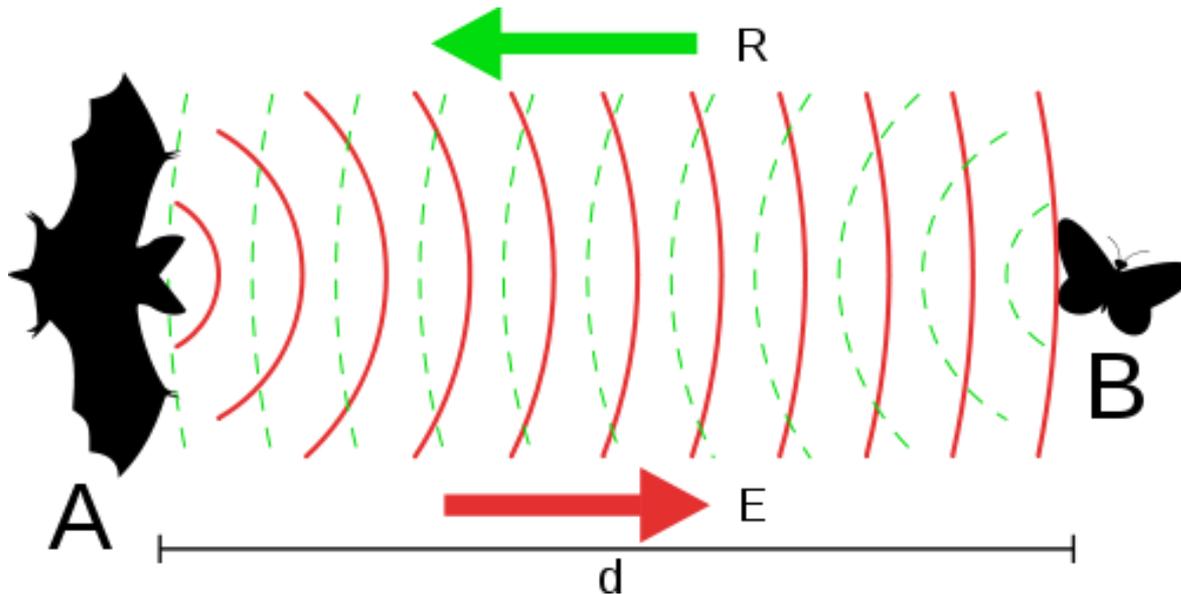
Y= módulo de Young

Revisão sobre ondas

Ondas sonoras



ECO é a reflexão do som.

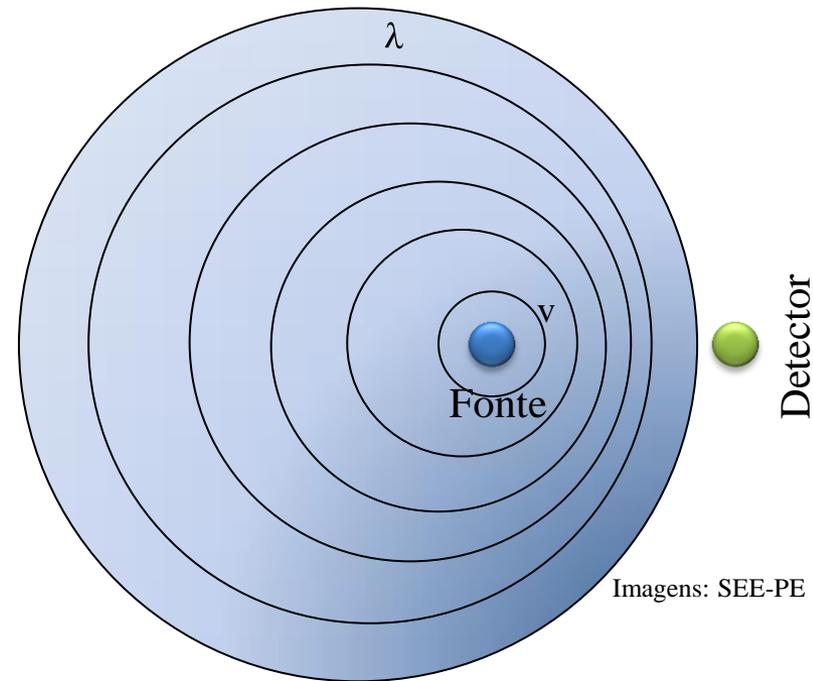


Revisão sobre ondas

Ondas sonoras

O EFEITO DOPPLER DO SOM

- No efeito Doppler do som, é necessário distinguir as situações em que ele é causado pelo movimento da **fonte** ou do **observador**. Isso porque o som propaga-se no ar e ambos podem ter velocidades relativas a este.
- Já para a luz, que se propaga no vácuo, importa apenas a velocidade relativa entre a fonte e o observador.



Revisão sobre ondas

Ondas sonoras

f' frequência aparente (percebida pelo ouvinte)

f frequência real da fonte

$$f' = f \cdot \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_F} \right)$$

$v \rightarrow$ *velocidade do som*

$v_o \rightarrow$ *velocidade do observador*

$v_F \rightarrow$ *velocidade da fonte*

REFERÊNCIAS UTILIZADAS NESTA AULA

- Halliday, Resnick e Walker - Fundamentos de Física –Vol. III e IV – 9ª ed.
- Sears e Zemansky - Fundamentos de Física Vol. III e IV – 12ª ed.
- H. Moysés Nussenzveig - Curso de Física Básica – Vol 3 e 4
- COSTA, MM, DIAS, EN, SILVA, HMS, FIGUEIRA F., ASS. *Câncer de Mama para Ginecologistas. Editora Revinter. 1994.*
- Notas de aulas dos cursos de 'Princípios de Física Moderna e Princípios e Aplicações de Física Moderna – **Centro Universitário da FEI**
- Sites abaixo acessados em agosto de 2016
- Empresa Siemens, <http://www.siemens.com/>,
- <http://www.chalmers.se/en/news/Pages/Invisible-pattern-can-put-a-stop-to-counterfeit-designer-clothing.aspx>
- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/polabs.html>,
- <http://dvd-copy-software-review.toptenreviews.com/compare-blu-ray-dvd.html>,
- <http://techwikasta.com/2013/06/evolution-of-data-storage-media/>
- <http://www.geocities.ws/saladefisica7/funciona/cd.html>
- <http://www.answers.com/topic/optical-recording>
- <https://www.patana.ac.th/secondary/science/anrophysics/ntopic14/commentary.htm>
- <http://www.oficinadanet.com.br/post/8659-como-funciona-um-cd-dvd-blu-ray>