

Física 2

Óptica Geométrica 2 - Reflexão: Espelhos Planos e Esféricos

Jefferson Rodrigues de Oliveira

Sumário

1	Objetivos da Aula	1
2	Introdução	1
2.1	Fenômenos Ondulatórios	1
3	Conclusão	5
4	Exercícios	5
5	Gabarito	6
6	Referências	6

1 Objetivos da Aula

- Compreender os principais fenômenos ondulatórios: **reflexão, refração, interferência, difração e polarização**.
- Relacionar cada fenômeno com exemplos práticos do cotidiano.
- Desenvolver a capacidade de interpretar e analisar situações físicas envolvendo ondas.
- Reconhecer a importância dos fenômenos ondulatórios em áreas como acústica, óptica, telecomunicações e tecnologia.

2 Introdução

$$\left[a = \frac{F}{mb + ma}, F_{ab} = \frac{F mb}{mb + ma} \right]$$

$$a = 3,41 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

$$F_{ab} = 1,47 \times 10^0 \text{ N}$$

2.1 Fenômenos Ondulatórios

1. Reflexão

A **reflexão** ocorre quando uma onda atinge uma superfície que não a absorve e retorna ao meio de origem.

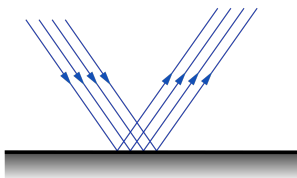


Figura 1: Reflexão. Fonte: [wikimedia](#)

• Lei da Reflexão:

I - O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

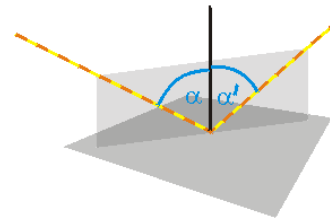


Figura 2: 1ª Lei. Fonte: [saladefísica](#)

II - O raio incidente, o raio refletido e a reta normal são coplanares.

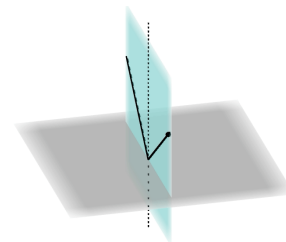


Figura 3: 2ª Lei. Fonte: [webfísica](#)

Reflexão em cordas:

- **Extremidade fixa:** a onda refletida retorna **invertida** em relação à onda incidente.
- **Extremidade móvel:** a onda refletida retorna **sem inversão**. Esse fenômeno é importante para entender ondas estacionárias em cordas musicais, como em violões e pianos.

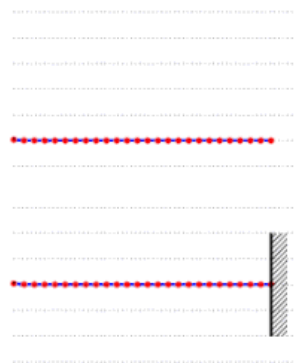


Figura 4: Onda em uma Corda. Fonte: [gifsdefísica](#)

Exemplos práticos:

- A imagem formada por um espelho plano.
- O eco de uma voz refletida em uma parede ou montanha.
- A vibração em cordas de instrumentos musicais.
- A Fibra Ótica usado nas telecomunicações.

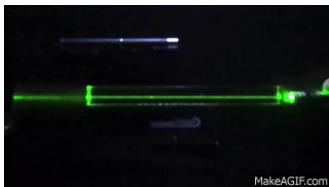


Figura 5: Fibra Ótica. Fonte: [gifsda fisica](#)

Tipos de reflexão:

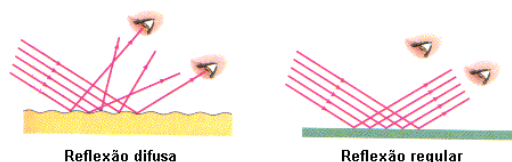


Figura 6: Onda. Fonte: [salade fisica](#)

Reflexão regular ocorre em superfícies lisas (como espelhos ou água calma), onde a luz é refletida em um único ângulo, igual ao de incidência, resultando em imagens nítidas. Segue estritamente a lei da reflexão e é crucial para instrumentos ópticos como telescópios.

Reflexão difusa acontece em superfícies irregulares (como papel ou paredes), onde a luz é espalhada em múltiplas direções devido a micro-irregularidades. Não forma imagens nítidas, mas permite que objetos sejam vistos de qualquer ângulo, sendo essencial para a iluminação homogênea e a visão cotidiana.

2. Refração

A **refração** ocorre quando a onda muda de meio de propagação e sofre variação em sua **velocidade** e **direção**, mantendo a mesma frequência.

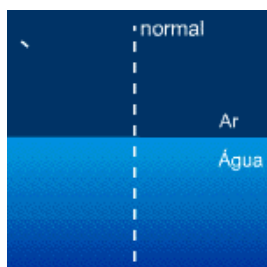


Figura 7: Refração. Fonte: [apoio escolar](#)

- Descrita pela **Lei de Snell-Descartes**:

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$$

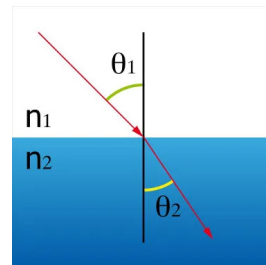


Figura 8: Lei de Snell. Fonte: [mundoeducação](#)

Exemplo: Refração no Vidro:

- Quando a luz passa do ar para o vidro, ela sofre refração devido à mudança de meio, desviando-se em direção à normal (linha perpendicular à superfície), pois o vidro é opticamente mais denso (maior índice de refração).
- Dentro do vidro, a luz se propaga com velocidade reduzida e comprimento de onda menor. Ao sair do vidro de volta para o ar, ocorre nova refração, mas agora o raio se afasta da normal, retomando sua velocidade original e direção paralela à incidente (desde que as faces do vidro sejam paralelas, como em uma lâmina de vidro).

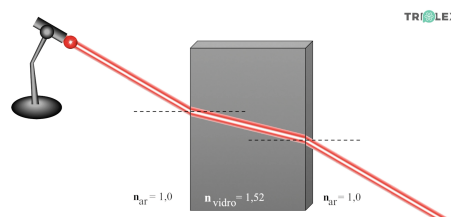


Figura 9: Refração em um Meio. Fonte: [classion.pt](#)

Exemplos práticos:

- O lápis parece “quebrado” ao ser mergulhado em um copo com água (ilusão de ótica causada pela refração).



Figura 10: Lapis. Fonte: [brasilescola](#)

- O desvio da luz em uma lente de óculos ou câmera fotográfica.
- **Dispersão da luz**: quando a luz branca atravessa um prisma e se separa em várias cores, pois cada frequência sofre refração diferente. Esse fenômeno também explica o arco-íris.

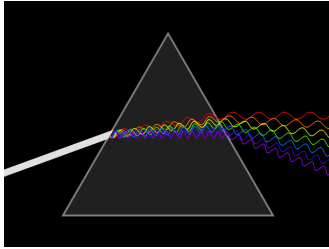


Figura 11: Dispersão da Luz. Fonte: [gifsdefisicacom](https://www.gifsdefisicacom.com)

3. Interferência

A **interferência** ocorre quando duas ou mais ondas se superpõem no mesmo ponto do espaço.

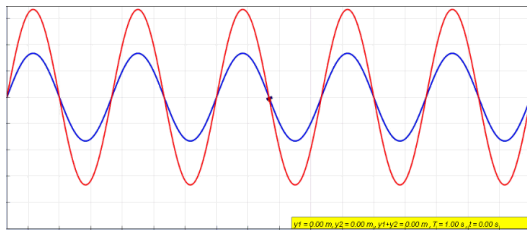


Figura 12: Interferência. Fonte: [wikipedia](https://www.wikipedia.org)

- **Construtiva:** quando os pulsos se somam, aumentando a amplitude.
- **Destrutiva:** quando se anulam parcial ou totalmente.

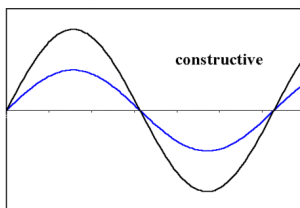


Figura 13: Interferência Construtiva e Destrutiva. Fonte: [gifsdefisicacom](https://www.gifsdefisicacom.com)

Após a interferência, as ondas continuam sua propagação normalmente.

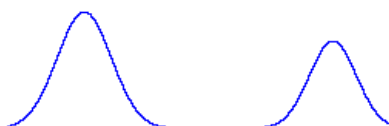


Figura 14: Movimento dos Pulsos de Onda. Fonte: [saladeaula](https://www.saladeaula.com)

Exemplos práticos:

- Padrões coloridos em bolhas de sabão ou manchas de óleo na água.
- O som mais forte ou mais fraco em diferentes pontos de um show musical.



Figura 15: Bolha de Sabão. Fonte: [researchgate](https://www.researchgate.net)

- **Ressonância:** ocorre quando a frequência de uma fonte coincide com a frequência natural de um sistema, aumentando sua amplitude (ex.: taça que se quebra com som intenso ou a ponte de Tacoma Narrows).
- **Batimentos:** resultado da interferência entre duas ondas de frequências ligeiramente diferentes, percebido como variação periódica da intensidade do som (ex.: afinação de instrumentos musicais).



Figura 16: Ponte de Takoma. Fonte: [tumblr](https://www.tumblr.com)

4. Difração

A **difração** ocorre quando uma onda contorna obstáculos ou atravessa fendas, espalhando-se ao passar por pequenas aberturas.

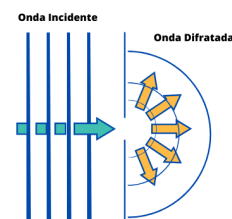


Figura 17: Difração. Fonte: [wikipedia](https://www.wikipedia.org)

Esse comportamento é característico de todos os tipos de onda, incluindo sonoras, luminosas e aquáticas, e torna-se mais evidente quando as dimensões do obstáculo ou da abertura são comparáveis ao comprimento de onda da onda incidente.

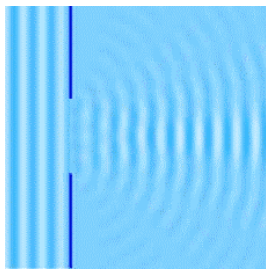


Figura 18: Difração. Fonte: [wikipedia](#)

Difração da luz e do som:

- **Som:** difrata facilmente, por isso conseguimos ouvir alguém mesmo atrás de uma parede ou porta.

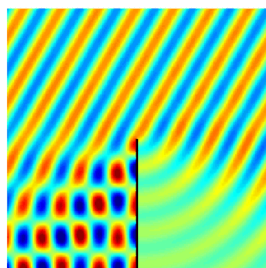


Figura 19: Onda Sonora com Barreira. Fonte: [soton.ac](#)

- **Luz:** mais difícil de observar, mas visível em experimentos com fendas estreitas.

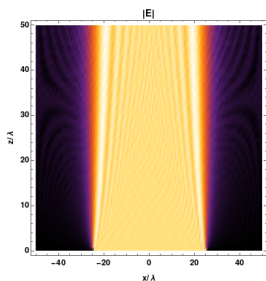


Figura 20: Difração da Luz. Fonte: [wikipedia](#)

Fenda simples e dupla:

- **Fenda simples:** gera padrões de máximos e mínimos de intensidade luminosa, com uma figura central mais intensa.

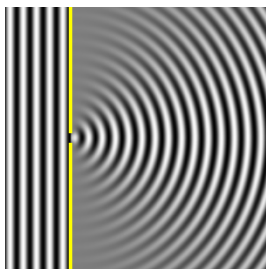


Figura 21: Fenda Simples. Fonte: [wikipedia](#)

- **Fenda dupla:** produz um padrão de franjas claras e escuras, resultado da interferência das ondas difratadas.

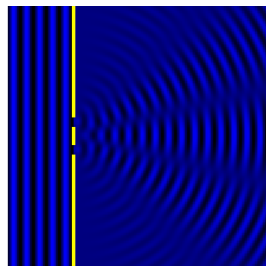


Figura 22: Fenda Dupla. Fonte: [wikipedia](#)

Efeito do comprimento de onda:

- Quanto **maior** o comprimento de onda, **maior** a difração.
- Ondas de rádio (comprimento de onda longo) contornam montanhas facilmente, enquanto a luz visível não.

5. Polarização

A **polarização** ocorre apenas em ondas transversais, quando se restringe a direção de vibração da onda.



Figura 23: Polarização. Fonte: [giphy](#)

Luz não polarizada é uma forma de radiação eletromagnética cujo campo elétrico oscila em múltiplas direções, todas perpendiculares à direção de propagação. Diferentemente da luz polarizada (que vibra em um plano específico).

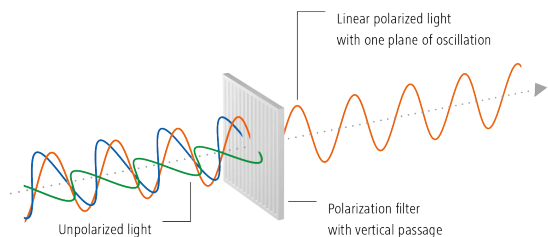


Figura 24: Luz não Polarizada. Fonte: [baumer](#)

Tipos de polarização:

- **Linear:** a onda vibra em uma única direção fixa.
- **Circular:** a direção da vibração gira em torno da direção de propagação, descrevendo um círculo.
- **Elíptica:** forma mais geral, em que a ponta do vetor vibra descrevendo uma elipse.

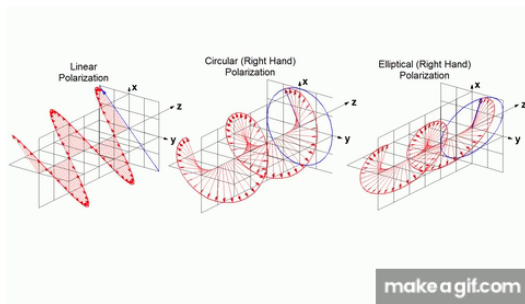


Figura 25: Tipos de Polarização. Fonte: [makeagif](#)

Exemplos e aplicações:

- Óculos de sol polarizados: reduzem o brilho refletido em superfícies como água ou vidro.
- Filtros polarizadores em câmeras fotográficas para eliminar reflexos indesejados.
- Antenas de TV e telecomunicações que transmitem sinais polarizados.
- Estudos de propriedades de materiais usando luz polarizada (polarimetria).

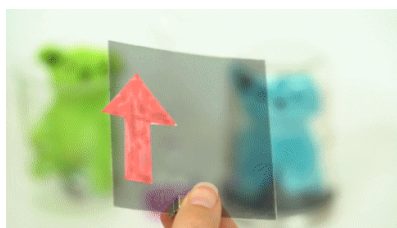


Figura 26: Lentes Polarizadoras. Fonte: [giphy](#)

3 Conclusão

Nesta aula, estudamos os principais fenômenos ondulatórios que mostram como as ondas interagem com o meio e com obstáculos.

- **Reflexão:** retorno da onda ao meio.
- **Refração:** mudança de direção e velocidade ao mudar de meio.
- **Interferência:** combinação de ondas, gerando reforço ou cancelamento.
- **Difração:** espalhamento ao passar por fendas ou contornar obstáculos.
- **Polarização:** restrição da direção de vibração da onda.

Esses fenômenos são essenciais para entendermos desde o funcionamento de instrumentos ópticos e acústicos até tecnologias modernas como rádio, televisão e internet.

4 Exercícios

1. Uma onda sonora que incide em uma superfície lisa e retorna ao meio de origem está demonstrando o fenômeno da:

- a) Reflexão.
- b) Refração.

- c) Interferência.
- d) Difração.
- e) Polarização.

2. Quando a luz passa do ar para a água, mudando sua direção e velocidade, estamos observando:

- a) Reflexão.
- b) Difração.
- c) Interferência.
- d) Refração.
- e) Polarização.

3. O fenômeno que explica por que ouvimos o som de uma conversa mesmo quando há um obstáculo entre nós e a fonte sonora é:

- a) Reflexão.
- b) Difração.
- c) Refração.
- d) Interferência.
- e) Polarização.

4. Quando duas ondas sonoras de frequências próximas se superpõem, produzindo variações periódicas de volume, estamos observando:

- a) Reflexão.
- b) Difração.
- c) Refração.
- d) Batimento.
- e) Polarização.

5. O fenômeno que permite que ondas de rádio contornem edifícios e montanhas é:

- a) Reflexão.
- b) Difração.
- c) Refração.
- d) Interferência.
- e) Polarização.

6. A separação da luz branca em cores ao passar por um prisma é um exemplo de:

- a) Reflexão.
- b) Difração.
- c) Dispersão.
- d) Interferência.
- e) Polarização.

7. O fenômeno que ocorre quando uma corda vibratória encontra uma extremidade fixa e retorna invertida é:

- a) Refração.
- b) Reflexão com inversão de fase.
- c) Interferência destrutiva.
- d) Difração.
- e) Polarização.

8. As grades de proteção nos fornos de micro-ondas baseiam-se principalmente no princípio da:

- a) Refração.
- b) Reflexão.
- c) Interferência.
- d) Difração.
- e) Polarização.

9. O fenômeno que NÃO ocorre com ondas sonoras em meios fluidos é:

- a) Reflexão.
- b) Refração.
- c) Interferência.
- d) Difração.
- e) Polarização.

10. O arco-íris é formado devido à combinação dos fenômenos de:

- a) Reflexão e difração.
- b) Refração e dispersão.
- c) Interferência e polarização.
- d) Reflexão e interferência.
- e) Difração e polarização.

5 Gabarito

1.A | 2.D | 3.B | 4.D | 5.B | 6.C | 7.B | 8.B | 9.E | 10.B |

6 Referências

- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*, Vol. 1. LTC.
- HEWITT, P. G. *Física Conceitual*. Bookman.
- TIPLER, P.; MOSCA, G. *Física para Cientistas e Engenheiros*. LTC.
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *Física Universitária*. Pearson.
- PHET Interactive Simulations. *Ondas*. Disponível em: <https://phet.colorado.edu>.