



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE-CAMPUS SOBRAL
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO VALE DO ACARAÚ
UVA-CAMPUS CIDAO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO-56 SOBRAL-CE

Matheus Melo Lima

**QUADRINHOS KARIRI: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ÓPTICA
GEOMÉTRICA NO ENSINO FUNDAMENTAL**

Sobral/CE

2022

QUADRINHOS KARIRI

Uma proposta para o ensino
de Óptica geométrica no
Ensino fundamental



Mathes Melo Lima





QUADRINHOS KARIRI: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Matheus Melo Lima

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) em parceria com a Universidade Estadual do Vale do Acaraú (UVA) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Raimundo Valmir Leite Filho

Co-orientador: Dr. Felipe Moreira Barboza

Sobral/ CE

2021

Lista de ilustrações

Figura 1 – Aprendizagem significativa na visão cognitiva clássica de Ausubel	4
Figura 2 – Introdução a óptica.	7
Figura 3 – Meios de propagação da luz.	8
Figura 4 – Princípios de propagação da luz.	9
Figura 5 – Formação do eclipse.	10
Figura 6 – Reflexão em superfície regular.	11
Figura 7 – Comprovação das leis da reflexão.	13
Figura 8 – Formação de imagens por reflexão.	14
Figura 9 – Reflexão em situação histórica.	15
Figura 10 – Refração da luz.	16
Figura 11 – Imagem formada por refração.	16
Figura 12 – Refração aplicado em situação de pesca.	17
Figura 13 – Refração na água.	18
Figura 14 – Índio pescando.	18
Figura 15 – Níquel Náusea.	19
Figura 16 – Experimento com espelho plano.	20
Figura 17 – Simetria no espelho plano.	21
Figura 18 – Espelho que distorce a imagem.	22
Figura 19 – Associação de espelhos.	23
Figura 20 – Associação de espelhos planos.	23
Figura 21 – Ambulância.	24
Figura 22 – Espelho plano.	24
Figura 23 – Associação de espelhos.	25
Figura 24 – Homem na barbearia.	25

Lista de tabelas

Tabela 1 – Materiais para o experimento.	13
Tabela 2 – Materiais para o experimento.	20

Sumário

1	APRESENTAÇÃO	1
2	A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	3
3	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	6
3.1	Parte I	6
3.2	Parte II	6
3.2.1	Princípios da óptica geométrica e meios de propagação da luz	6
3.2.2	Reflexão e refração da luz	12
3.2.3	Espelhos e associação de espelhos planos	19
3.3	Parte III	26
3.4	Parte IV	26
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS	28
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM SOBRE AS HQ	29
	APÊNDICE B – PÓS-TESTE	31
	APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO	34
	APÊNDICE D – ÓPTICA GEOMÉTRICA	35

1 Apresentação

As Histórias em quadrinho (HQ) apresentam um leque gigantesco de possibilidades para serem trabalhadas em sala de aula, a utilização de palavras e imagens, juntas, ensinam de forma mais eficiente (VERGUEIRO; RAMOS, 2019). Essa interligação amplia a compreensão dos conceitos de forma que qualquer um dos códigos (palavras e imagens), isoladamente, teria dificuldades para atingir. Além disso, as Artes Sequências¹ possuem muito mais do que beleza ou atratividade. Sua linguagem tem potencial para provocar reflexões, instigar a curiosidade, a pesquisa e conscientizar os indivíduos criticamente sobre a sociedade. Por isso, professor e aluno devem se apropriar dessa linguagem como mais um recurso dentro da comunicação científica escolar.

Além de estar presente em nosso dia a dia, é cada vez mais comum encontrá-las em questões de vestibulares e no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), exigindo dos alunos a articulação entre imagem e palavra, relacionando-os aos conteúdos escolares (RAMOS, 2009). O professor pode utilizar os quadrinhos em sala de aula com diversos objetivos pedagógicos, podendo ser: ilustrativos, explicativos, motivadores e instigadores (TESTONI, 2010).

As tirinhas ilustrativas costumam aparecer nos livros após o tratamento de um longo assunto, com uma extensa discussão fenomenológica e/ou matemática, apresentando imagens, quadrinhos, charges e outras artes sequências para representar o assunto de forma humorada, mas sem apresentar função pedagógica relevante, já que pode ser retirada sem prejuízo ao assunto estudado. Seu objetivo recai no lúdico e na descontração (SOUZA, 2018).

As tirinhas explicativas costumam aparecer nos livros didáticos em seções de experimentos, desafios ou mesmo curiosidades sobre temas correlatos aos tratados na seção. É comum encontrarmos quadrinhos explicativos sobre efeito estufa, economia de energia, combate ao desmatamento, dentre outros. Como esse tipo de tirinha apresenta um público mais restrito e necessita que o autor tenha um conhecimento maior sobre o tema, acaba que as editoras não têm muito interesse nessa modalidade (TESTONI, 2010).

As tirinhas Motivadoras não buscam ilustrar nem explicar um assunto, elas destinam-se a motivar o leitor a buscar/pesquisar informações sobre determinado fenômeno. E para compreender o humor que é tratado nessas tirinhas, o aluno precisa conhecer (pesquisar) sobre o fenômeno abordado (SOUZA, 2018).

Por último, temos as tirinhas Instigadoras, que buscam estimular os alunos, dentro do seu enredo, a pensar a respeito do tema tratado, esse processo de instigação ao aluno dar-se-ia através de uma questão elaborada claramente no decorrer da leitura da HQ. Assim como as

¹ Termo usado por Will Eisner em seu livro “Comics and Sequential Art” e se refere à modalidade artística que usa o encadeamento de imagens em sequência para contar uma história ou transmitir uma informação graficamente.

motivadoras, sua aparição nos materiais didáticos é rara (TESTONI, 2010).

As sugestões presentes neste material utilizam mais de uma categoria pedagógica, para que o professor possa ilustrar e explicar a assunto proporcionando a motivação e instigação necessária para uma aprendizagem com significados.

2 A aprendizagem significativa

Todo professor quando planeja uma aula ou uma sequência de aulas, deve estar ciente que, em alguns casos, não é possível cumprir com tudo o que foi planejado para aqueles encontros, por diversos fatores: carga horária insuficiente, falta de recursos que inviabilize um experimento e pela falta de conhecimentos prévios que impossibilitam a continuidade de um conteúdo. Que professor nunca teve que pausar a discussão de um assunto para revisar um tema anterior? Com essa provocação entramos na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel¹ (1918-2008). Ele defende que:

O conceito central dessa teoria é o da aprendizagem significativa. Claro que se trata de uma aprendizagem com significados, mas a aquisição, internalização, construção desses significados não é trivial, depende de uma interação cognitiva entre o novo conhecimento e algum conhecimento prévio especificamente relevante (MOREIRA, 2005, p.85).

Para que as ideias expressas simbolicamente interaja de maneira substantiva, ou seja, que o indivíduo consiga explicar um determinado assunto que aprendeu com suas próprias palavras e que consiga abordar esses conhecimentos de diferentes formas de acordo com a situação, porém implicando o mesmo significado ao conteúdo. E que essas ideias também sejam não arbitrária é necessário que esse conhecimento prévio não seja algo qualquer, isto é, precisa ser algo relevante para a estrutura cognitiva do educando. Com isso, o aluno aprenderá a partir do que já sabe e conhece, e posteriormente, irá incorporando novos conhecimentos ao conhecimento existente e tornando-o mais elaborado e completo. Esse é o primeiro pilar da teoria de Ausubel.

Se tivéssemos que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diríamos: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isto e ensine-o de acordo. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, pag-137)

O conhecimento prévio é o “norte da bússola” de todo planejamento educacional, nosso patrono da educação brasileira, Paulo Freire, considera que o professor prepara a aula pensando no que os alunos conhecem, ou seja, seus conhecimentos prévios. Mas para que isso tenha resultado é necessário que o aluno tenha predisposição em aprender. Esse é o segundo pilar da teoria.

A predisposição em aprender requer do aluno que ele procure relacionar o novo conteúdo de maneira não-literal e não-arbitrária ao seu conhecimento prévio. Moreira (2011) salienta que isso é independente do quão potencialmente significativo é a nova informação, pois se o aluno

¹ Ausubel teve formação em Medicina, Psicologia e Psiquiatria, tendo sua vida acadêmica dedicada a psicologia educacional. Sua preocupação era com a aprendizagem e ensino em sala de aula

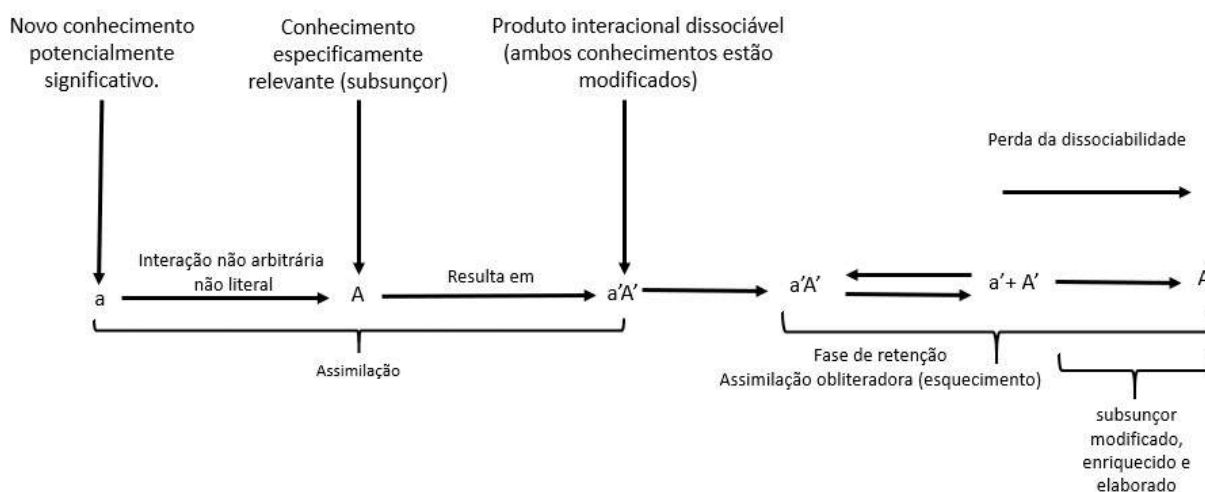
tiver intenção de memorizar, decorar para um momento pontual, geralmente em avaliações, a aprendizagem será mecânica independente do material ser potencialmente significativo.

Esse conhecimento específico, conceito ou ideia existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, Ausubel (2012) chamou de subsunçor. Esse conhecimento serve como “âncora” para a nova informação, e assim o aluno consegue atribuir significados a esse novo conhecimento. Vale ressaltar, ainda, que:

O subsunçor pode ter maior ou menor estabilidade cognitiva, pode estar mais ou menos diferenciado, ou seja, mais ou menos elaborado em termos de significados. Contudo, como o processo é interativo, quando serve de ideia-âncora para um novo conhecimento, ele próprio se modifica adquirindo novos significados, corroborando significados já existentes. (MOREIRA, 2011, pag-14)

Outro fator importante é que a aprendizagem significativa não significa que o indivíduo nunca esqueça de um conhecimento adquirido. Porém, diferentemente da aprendizagem mecânica, o conhecimento esquecido está dentro do subsunçor, parte dele “vive” no novo subsunçor (Figura 1). Ausubel chamava esse esquecimento de assimilação obliteradora, em outros termos, é a perda progressiva da dissociabilidade dos novos conhecimentos em relação aos conhecimentos (subsunçores) que lhe deram esses significados (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Figura 1 – Aprendizagem significativa na visão cognitiva clássica de Ausubel



Fonte: Adaptado de Moreira (2011)

Podemos resumir a teoria de Ausubel através da interação cognitiva entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios, considerando a importância da predisposição em aprender do indivíduo. Assim, concluímos que a aprendizagem significativa não está nas coisas, nos objetos, nos conteúdos, e sim nas pessoas, no caso, professores e alunos (MOREIRA, 2011). Deste modo, Moreira (2011) enfatiza que o material (livro, vídeo, aula, experimentos...) só

podem ser potencialmente significativos, e não propriamente significativo. Não existe um material significativo, justamente porque o significado está na pessoa e não no material.

3 Sequência didática

Essa proposta apresenta os conteúdos de Óptica Geométrica que estão presente na parte final da disciplina de Ciências do 9º ano do ensino Fundamental II.

A sequência didática foi dividida em etapas, afim de obter um melhor controle e possibilitar um feedback ao final de cada etapa. A primeira refere-se ao questionário de sondagem sobre a afinidade dos alunos com os quadrinhos. A segunda trata da aplicação do produto, para isso utilizaremos os itens 3.2.1; 3.2.2; 3.2.3 desse material. A terceira parte diz respeito a avaliação e a quarta etapa busca analisar a opinião dos alunos acerca da prática com o uso dos quadrinhos para o estudo da óptica geométrica.

3.1 Parte I

Tempo: 1 aula de 50 min.

Será proposta uma atividade inicial (Anexo A) com o objetivo de verificar a afinidade dos alunos com os quadrinhos.

3.2 Parte II

Tempo: 3 aulas de 50 min.

Aplicação do Produto.

3.2.1 Princípios da óptica geométrica e meios de propagação da luz

Disciplina: Ciência.

Assunto: Fontes de luz e meios de propagação da luz.

Série: 9º Ano Ensino Fundamental.

Tempo: 1 aula de 50 min.

Conceitos: Fonte de luz primária e secundária; os princípios da óptica geométrica; formação de sombra e penumbra; classificação dos meios de propagação da luz: transparente, opaco e translúcido.

Objetivo: Facilitar a construção de significados sobre os princípios da óptica geométrica e a propagação da luz através de quadrinhos e experimentos.

- **Situação Inicial:** Sondar os conhecimentos dos alunos acerca da luz, sua forma de propagação e importância para a sociedade.
- **Situação-problema inicial:** Os quadrinhos podem ser utilizados através do projetor multimídia e/ou impressa e distribuída para os alunos, a depender dos recursos disponíveis e da metodologia de trabalho que o professor escolher. Sugerimos trabalhar com os alunos em grupos, pois assim é possível que a interação entre eles desperte para novas indagações, o que certamente enriquecerá a discussão do assunto.

A aula terá início com a utilização do quadrinho da Figura 2, ela aborda o índio Paizé se perguntando como a lua é capaz de iluminar toda a aldeia, escondido atrás da Oca está um vampiro a espera para assusta-lo. Quando o vampiro sai da espreita para assusta-lo em plena lua cheia, ele vira pó, ficando apenas a capa no local. O pajé explica que isso acontece porque a luz funciona de maneira similar a um espelho, conseguindo refletir a luz recebida do sol.

Figura 2 – Introdução a óptica.



Depois da leitura da tirinha faça as seguintes indagações:

1- Com base na tirinha acima, podemos constatar que a lua emite luz própria ou apenas reflete a luz que incide sobre ela?

2- Cite exemplos de corpos que emitem sua própria luz?

3- Cite exemplos de corpos que refletem a luz?

Nesse momento, após ouvir as respostas dos alunos, o professor deve discutir o tema, definindo o que é uma fonte de luz primária e secundária, abordando a fala dos alunos e fazendo as devidas correções (se necessário).

Em seguida, será utilizado o quadrinho da Figura 3 onde o personagem índio Neguinho está à procura de uma lente perfeita. A primeira lente mostrada não permite ver a imagem da oca por trás da lente. Insatisfeito o Neguinho pede novamente “quero uma lente perfeita”, a segunda lente usada mostra a oca borrada, uma imagem sem nitidez, já começando a ficar irritado com a situação, é mostrado a terceira lente. Nela finalmente o Neguinho conseguiu encontrar a lente perfeita.

Figura 3 – Meios de propagação da luz.



Fonte: Próprio autor (2022).

Vimos que as fontes de luz podem ser primárias ou secundárias, agora vamos abordar a classificação dos meios em que a luz pode se propagar. Questione aos alunos:

4- No segundo quadrinho Figura 3, ao mostrar a segunda lente para o Neguinho a imagem apresenta-se distorcida, por que isso acontece?

5- Em quais situações do dia a dia também é possível ver a imagem de um objeto de forma distorcida?

A partir desses questionamentos o professor pode desenvolver os conceitos de meios transparentes, translúcidos e opacos. Na tirinha da Figura 4 temos o cachorrinho Pitula dormindo tranquilamente dentro de casa próximo a uma janela. Com o passar do tempo os raios solares começam a atingir o local ele está dormindo, ele acorda e muda de local para poder voltar a descansar. onde personagem está parado próximo a uma árvore, com o passar do dia ele nota que sua sombra e a da árvore, mudaram seu sentido e tamanho. Usaremos essa tirinha para abordar um dos princípios da óptica geométrica: propagação retilínea da luz.

Figura 4 – Princípios de propagação da luz.



Fonte: Próprio autor (2022).

6- Na tirinha acima a incidência dos raios solares está mudando de posição ao longo dos quadrinhos, qual seria a causa desse efeito?

7- Conhece alguém que usa a sombra dos objetos como uma espécie de relógio, para saber a hora do dia? Se conhecer, como essas pessoas conseguem fazer isso?

- **Aprofundando o conhecimento:** Após esse período de discussão, o professor pode apresentar os 3 princípios da óptica geométrica: propagação retilínea da luz, independência dos raios de luz e a reversibilidade da luz.

As próximas duas tirinhas abordam um dos princípios da óptica geométrica propagação retilínea da luz, e podem ser usadas para abordar os conceitos de sombra, penumbra e a formação dos eclipses.

- **Nova Situação-problema:** Com o auxílio do quadrinho da Figura 5 poderemos abordar

os conceitos de sombra, penumbra e a formação dos eclipses. Nela vemos o índio Paizé olhando para o céu, nesse momento algo lhe causa estranheza, a imagem de um suposto “sol noturno”. O Pajé explica para ele que aquilo não é um sol, mas sim uma lua. E usando uma maçã, uma pedra pequena e uma pedra grande ele faz uma analogia ao eclipse lunar. Porém, antes que ele terminasse a explicação, o índio Paizé comeu a maçã, acabando com a representação do sol e, portanto, com a fonte de luz que causava o fenômeno do eclipse.

Figura 5 – Formação do eclipse.



Fonte: Próprio autor (2022).

Nesse momento cabe ao professor extrair o máximo de informações dos conhecimentos prévios dos alunos, podendo questionar:

- 8- Vocês já presenciaram algum eclipse?
 9- Conseguem explicar, de forma geral, como eles ocorrem?
 10- É frequente o seu aparecimento?
 11- Conhecem algum mito indígena que aborda o Eclipse?

Se necessário, o professor pode acrescentar outros questionamentos, a fim de fomentar a discussão do tema. Em seguida abordará como se dá a formação do eclipse solar e lunar, reforçando o princípio da propagação retilínea da luz e a formação da sombra e penumbra.

- **Revisão:** Nesse momento o professor pedirá aos alunos para falarem conceitos que se relacionem com o assunto estudado, fazendo uma espécie de rede de ideias, onde o professor poderá sanar possíveis equívocos e dúvidas dos alunos.
- **Avaliação individual:** Será proposto uma atividade com questões abertas e fechadas sobre o assunto estudado.

Sugestão de atividade

1- Considere a tirinha da Figura 6 onde o pai está sentado em sua poltrona, o filho se aproveita para passar de fininho pelo corredor atrás da poltrona do pai. Porém o menino não esperava que seu pai vesse sua imagem pelo reflexo da tela da televisão, castigando-o por ter chegado naquela hora.

Figura 6 – Reflexão em superfície regular.



Fonte: Disponível em: <https://artedafisicapibid.blogspot.com/2020/03/eduardo-souza-fisica-em-quadrinhos.html>. Acesso em: 05 de outubro de 2021.

Na situação apresentada a tela da televisão é utilizada como um _____. Ocorrendo reflexão _____ para que o homem conseguisse ver a imagem nítida do menino.

- Espeho esférico, espeho plano
- Espeho plano, difusa
- Espeho oval, regular
- Espeho plano, regular

2- Por que não é possível enxergar em ambientes totalmente escuros?

3- Qual dos objetos pode ser visto em um ambiente perfeitamente escurecido?

- a) Um espelho.
- b) Uma lâmpada ligada
- c) Uma camiseta branca.
- d) O olho de um gato.
- e) Um prisma de vidro

4- Considere as situações descritas e marque os itens seguindo a condição:

I- Propagação retilínea da luz.

II- Independência dos raios de luz.

III- Reversibilidade da luz

() Se Priscila enxerga Rafael por meio de um espelho plano, Rafael, olhando para o mesmo espelho, também consegue ver Priscila.

() Em uma sala inicialmente escura, se uma pessoa aproximar uma das mãos de uma vela acesa, pode-se observar a formação da sombra da mão em uma parede.

() Durante a apresentação de alguns shows, os holofotes produzem feixes de luz que, mesmo após o cruzamento entre eles, não mudam as respectivas colorações.

5- A luz proveniente do Sol atinge o fundo de uma piscina com água cristalina permitindo a visão perfeita de uma moeda no seu interior. Nessa situação: A água é um meio transparente, translúcido ou opaco? Justifique.

3.2.2 Reflexão e refração da luz

Disciplina: Ciências.

Assunto: Reflexão e refração da luz.

Série: 9º Ano Ensino Fundamental.

Tempo: 1 aula de 50 min.

Conceitos: Reflexão regular e difusa; Leis da reflexão; Lei da refração (aspectos conceituais);

Objetivo: Compreender como os raios de luz se comportam ao incidirem em espelhos planos, superfícies planas e ao atravessar outro meio óptico, como o vidro e a água.

- **Situação inicial:** Ao trabalhar os princípios da óptica geométrica os alunos foram criando e modificando subsunçores, desenvolvendo sua estrutura cognitiva para receber novas informações sobre o tema. Deste modo, o professor poderá iniciar a aula fazendo algumas indagações aos alunos, por exemplo: como podemos observar os objetos que encontramos no dia-dia? A luz deve ser refletida ou absorvida pelos corpos? Existe uma reflexão perfeita? A reflexão com formação de imagens só ocorre em espelhos planos?

- **Situação-problema inicial:** É importante que o professor escute os comentários dos alunos e escreva-os no quadro de forma a nortear a discussão durante a aula. Nesse momento é importante realizar um experimento para mostrar as leis da reflexão. Para isso, precisará de:

Tabela 1 – Materiais para o experimento.

Fonte laser
Recipiente transparente com água
Um frasco aerossol (spray) de desodorante sem perfume
Espelhos Planos
Água
Transferidor
Papel sulfite
Copo de vidro transparente
Colher/caneta

Fonte: Próprio autor (2022).

Com o Laser e um espelho plano, demonstre, explore e comprove a primeira lei e segunda lei da reflexão. Utilize o spray de desodorante para melhor visualizar/materializar os raios incidentes e refletidos, use uma folha de papel sulfite ou mesmo o quadro branco da sala e um espelho plano. Incida o raio do Laser. Anote, discuta e comprove o ocorrido (Figura 7).

Figura 7 – Comprovação das leis da reflexão.



Fonte: Próprio autor (2022).

- **Aprofundando o conhecimento:** Nesse momento da aula o professor poderá mostrar tirinha da Figura 8 onde o índio Paizé observa a superfície calma de um lago. Não contente,

ele pega uma pedra e joga no lago, agitando a superfície da água e também aborrecendo o peixe que estava no fundo do lago.

Figura 8 – Formação de imagens por reflexão.



Fonte: Próprio autor (2022).

Questione aos alunos:

1- No primeiro quadro, enquanto o rio está com águas calmas, é possível ver a imagem do índio refletida na superfície do lago. Isso é possível graças a reflexão regular ou reflexão difusa?

2- Ao jogar a pedra no lago, a água fica agitada, nesse caso como ficara a imagem do índio? Ela sofrerá alguma mudança?

No quadrinho da Figura 9 temos uma representação do descobrimento do Brasil. No cenário vemos vários índios na praia, quando eles avistam um navio pirata se aproximando da costa. Espertamente a índia Andrea usa a superfície de uma cabaça para refletir a luz do sol direto para o navio pirata. A partir da leitura e interpretação do quadrinho, responda:

3- Esse quadrinho retrata um acontecimento muito marcante na história do Brasil. Você consegue explicar qual seria?

Figura 9 – Reflexão em situação histórica.



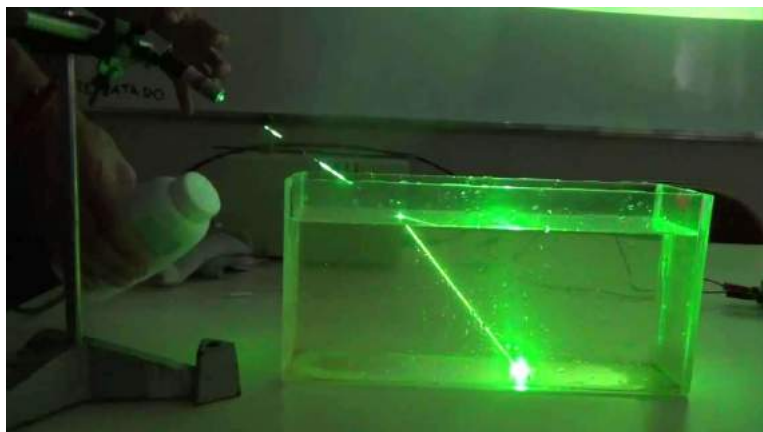
Fonte: Próprio autor (2022).

4- A índia Andrea, ao notar que os piratas se aproximavam da ilha usa um cabaça para _____ a luz do sol no navio.

Após os questionamentos, partimos para o experimento: Com o Laser, exploremos em um vidro ou em um copo com água aspectos visíveis da refração, para isso incida o raio do laser em ângulos variados e explore a refração com desvio e sem desvio (Figura 10). Observe e comente com os alunos.

- **Nova Situação-problema:** Explore características da formação de imagens por refração para objetos imersos em água. Discuta com os alunos aspectos da posição real e aparente dos corpos/objetos imersos em líquidos (Figura 11).

Figura 10 – Refração da luz.



Fonte: Próprio autor (2022).

Figura 11 – Imagem formada por refração.



Fonte: Próprio autor (2022).

No quadrinho da Figura 12, vemos o índio neguinho se preparando para pescar, os peixes começam a zombar fazendo pose dentro do rio. Ele atira e erra o alvo, os peixes falam que ele errou porque não conhece a lei da refração.

5- No quadrinho acima, notamos que o peixe zomba do índio afirmando que ele não sabe a lei da refração. Por que o peixe diz isso?

6- Na situação descrita na tirinha, a imagem real (verdadeira) do peixe está mais acima ou mais abaixo do local onde ele vê o peixe (imagem aparente)?

7- Para acertar a flechada no índio, ele tem que mirar mais embaixo ou mais acima do local onde ele tá vendo o peixe?

8- O índio aprendeu a lei da refração com a prática da pesca e da caça. Você conhece algum índio que pesque usando essas técnicas? Fale a respeito das histórias que conhece. Agora continuaremos com as perguntas instigadoras para que o professor mapeie os

Figura 12 – Refração aplicado em situação de pesca.



Fonte: Próprio autor (2022).

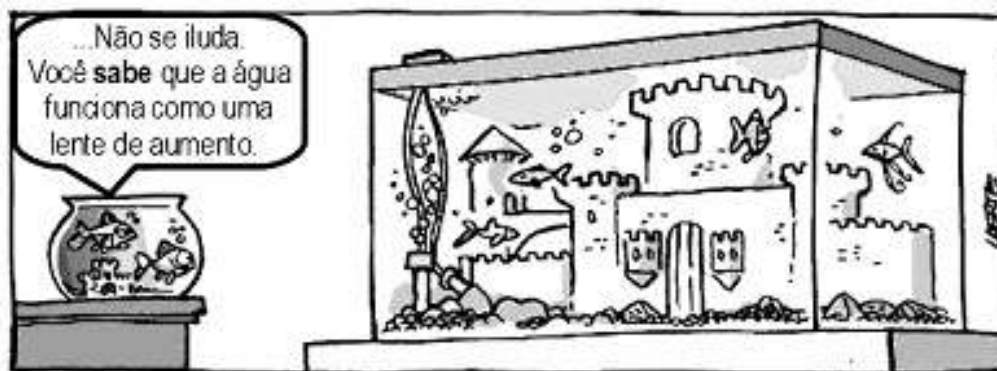
subsunçores dos alunos, podemos perguntar: A posição dos objetos imersos em água é real ou aparente? A luz consegue atravessar meios como a água e o vidro? Se sim, será que a velocidade dela aumenta ou diminui quando passa do ar para esses meios?

- **Revisão:** O Professor poderá propor um momento de criação de tirinhas sobre reflexão e refração da luz com os alunos, em grupo ou individualmente.
- **Avaliação individual.** Será proposto uma atividade com questões abertas e fechadas sobre o assunto estudado.

Sugestão de atividade

1- De acordo com a tirinha da Figura 13 onde é retratado a situação de alguns peixes em um pequeno aquário olhando para um castelo no interior de um aquário maior que está próximo deles. Um dos peixes fala: “Não se iluda. Você sabe que a água funciona como uma lente de aumento”. Com base nos seus conhecimentos sobre a refração da luz, a fala do peixe está correta? Justifique sua resposta.

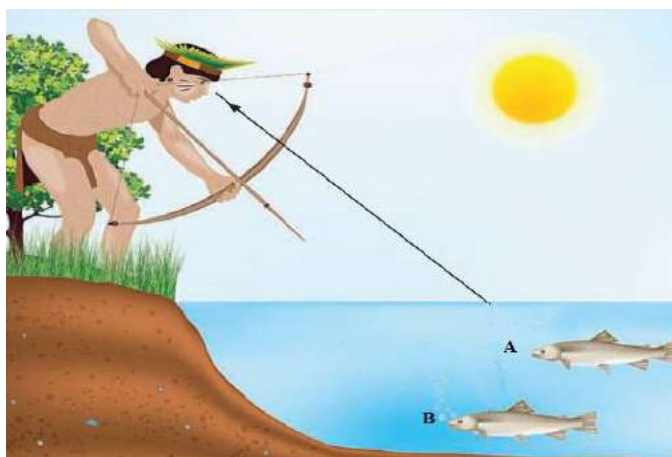
Figura 13 – Refração na água.



Fonte: Disponível: < <http://p.php.uol.com.br/laerte/index.php>>. Acesso em: 05 de outubro de 2021.

2- Com base na Figura 14, o índio verá o peixe na posição A ou na posição B? Justifique sua resposta.

Figura 14 – Índio pescando.



Fonte: Lopes e Audino (2018).

3- Ainda sobre a Figura 14, o fenômeno ocorre devido a:

- a) Reflexão
- b) Refração
- c) Decomposição da luz
- d) água ser um meio opaco

4- (Enem PPL 2014) As miragens existem e podem induzir à percepção de que há água onde não existe. Elas são a manifestação de um fenômeno óptico que ocorre na atmosfera.

Disponível em: www.invivo.fiocruz.br. Acesso em: 29 fev. 2012.

Esse fenômeno óptico é consequência da:

- a) refração da luz nas camadas de ar próximas do chão quente.

- b) reflexão da luz ao incidir no solo quente.
- c) reflexão difusa da luz na superfície rugosa.
- d) dispersão da luz nas camadas de ar próximas do chão quente.
- e) difração da luz nas camadas de ar próximas do chão quente.

5- Observando a tirinha da Figura 15, no qual o personagem Níquel Náusea (rato) acha que já está recuperado de seu porre (estado de embriagues), ao ouvir isso o Fliti (barata) se aproxima e questiona se o Níquel havia perguntado algo. Olhando para a imagem do Fliti através do copo com água, o Níquel responde: “nada nada nada”, essa fala demonstra que rato associou a imagem distorcida do seu amigo ao seu porre.

Figura 15 – Níquel Náusea.



Fonte: Disponível em: < <https://www.terra.com.br/niquel/>>. Acesso em: 05 de outubro de 2021.

Preencha as lacunas abaixo:

A luz se propaga inicialmente pelo ar e, ao mudar de meio, isto é, ao incidir no copo com água ela sofre _____ (reflexão/refração). No segundo quadrinho observamos que a reflexão é _____ (regular/difusa) pois a imagem formada aparece deformada.

3.2.3 Espelhos e associação de espelhos planos

Disciplina: Ciências.

Assunto: Espelhos.

Série: 9º Ano Ensino Fundamental.

Tempo: 1 aula de 50 min.

Conceitos: Reflexão regular; Espelho plano; Espelhos esféricos; Associação de espelhos.

Objetivo: Compreender como se dá a formação de imagens e a associação de espelhos planos.

- **Situação inicial:** Para essa aula, iremos considerar os subsunçores dos alunos sobre os princípios da óptica geométrica, reflexão e refração da luz. Assim, o professor poderá iniciar a aula com alguns questionamentos: Já viram algum espelho que não seja plano? A imagem nesses espelhos apresenta diferenças da imagem formada pelo espelho plano? Se sim, quais seriam essas diferenças? Vimos que para a reflexão no espelho plano o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão, será se o mesmo acontece se o espelho for esférico?

O professor poderá apresentar outros questionamentos, para obter uma “rede de ideais” sobre o que alunos trazem de conhecimentos âncoras.

- **Situação-problema inicial:** Utilizaremos os materiais da Tabela 2 para realizar um experimento com o espelho plano.

Tabela 2 – Materiais para o experimento.

Fonte laser
Recipiente transparente com água
Um frasco aerossol (spray) de desodorante sem perfume
Espelhos Planos
Um objeto (preferência colorido)
Folha Sulfito com a palavra FÍSICA

Fonte: Próprio autor (2022).

Com um objeto posicionado na frente de um espelho plano, discuta o conceito de imagem virtual, posição da imagem, velocidade de aproximação e afastamento. Afaste e aproxime o objeto e veja o que acontece. Mostre também a simetria da imagem do espelho plano (Figura 16).

Figura 16 – Experimento com espelho plano.



Fonte: Próprio autor (2022).

- **Aprofundando o conhecimento:** Nesse momento o professor pode apresentar a tirinha da Figura 17, nela encontramos um casal de índio, a índia fala:” Zin, nosso anel de namoro refletido no espelho vira de casamento”. Ao dizer que estavam casados, Zin quebra o espelho imediatamente, a índia diz: “Zin, quebrar um espelho dá 7 anos de azar!!!” e o menino retruca: “melhor 7 anos do que a eternidade”.

Figura 17 – Simetria no espelho plano.



Fonte: Próprio autor (2022).

- 1- Qual o humor presente na tirinha?
- 2- Por que na imagem o anel apareceu na mão direita da macaca?

O Professor pode aproveitar esse momento e mostrar a formação de imagens com os espelhos esféricos (se não conseguir espelho côncavo/convexo, poderá utilizar uma calota polida) destacando propriedades de aumento e redução das imagens. Alguns espelhos apresentam a imagem distorcida, são comuns em circos e em salões de espelhos (Figura 18):

A partir da tirinha o professor pode indagar se os alunos já viram algum espelho como esse em seu cotidiano, na televisão, em redes sociais etc.

Figura 18 – Espelho que distorce a imagem.



Fonte: Próprio autor (2022).

• **Nova Situação-problema:**

Podemos agora tratar da associação de espelhos planos. Para sondar os conhecimentos prévios dos alunos, questione-os se ficaram diante de dois espelhos planos perpendiculares. Caso não tenha, pergunte aos alunos: O que vocês acham que acontecerá com a imagem?

Observando a tirinha da Figura 19 onde duas meninas entram em uma loja a procura de roupa nova e para experimentar um vestido ficam diante de dois espelhos planos perpendiculares. Será que é possível formar mais de uma imagem da menina?

Comente as falas dos alunos e depois mostre o experimento de associação de espelhos planos para discutir a formação de imagens (Figura 20).

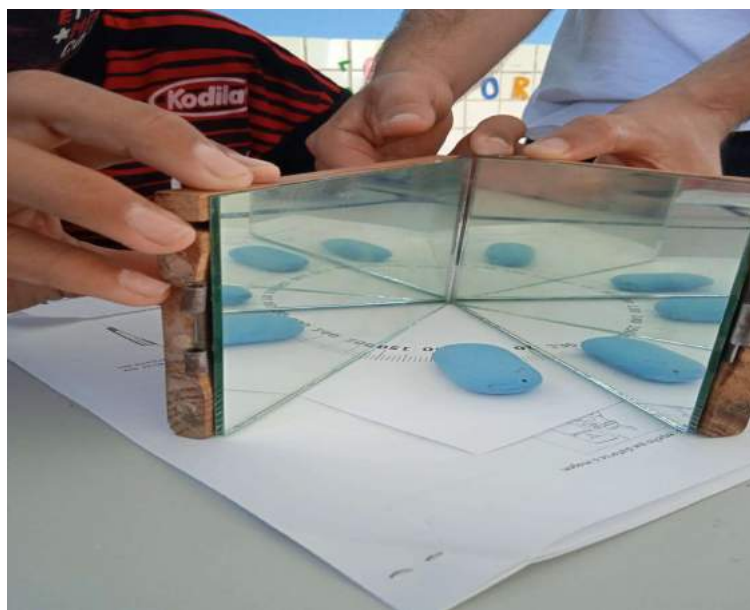
O Professor poderá propor um momento de criação de tirinhas sobre reflexão e refração da

Figura 19 – Associação de espelhos.



Fonte: <https://artedafisicapibid.blogspot.com/2020/03/eduardo-souza-fisica-em-quadrinhos.html>. Acesso em: 05 de outubro de 2021.

Figura 20 – Associação de espelhos planos.



Fonte: Próprio autor (2022).

luz com os alunos, em grupo ou individualmente.

- **Avaliação individual:** Será proposto uma atividade com questões abertas e fechadas sobre o assunto estudado.

Sugestão de atividade

1- Você já observou que os letreiros que identificam ambulâncias e outros veículos de emergência são escritos ao contrário? Caso não, veja a foto abaixo. Por que isso é feito?
Figura 21:

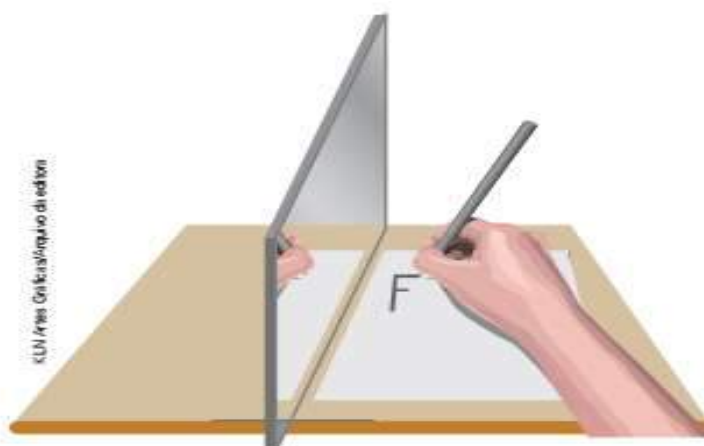
Figura 21 – Ambulância.



Fonte: Souza, Pietrocola e Fagionato (2018).

2- Um estudante colocou um espelho plano em pé ao lado de uma folha de papel, como mostra a Figura 22

Figura 22 – Espelho plano.



Fonte: Souza, Pietrocola e Fagionato (2018).

Depois, ele escreveu a letra F no papel. Escolha a opção que mostra a imagem da letra vista pelo estudante no espelho e a desenhe em seu caderno.

Utilize a tirinha da Figura 23 onde duas meninas entram em uma loja a procura de roupa nova e para experimentar um vestido ficam diante de dois espelhos planos perpendiculares. Para responder às questões 3 e 4.

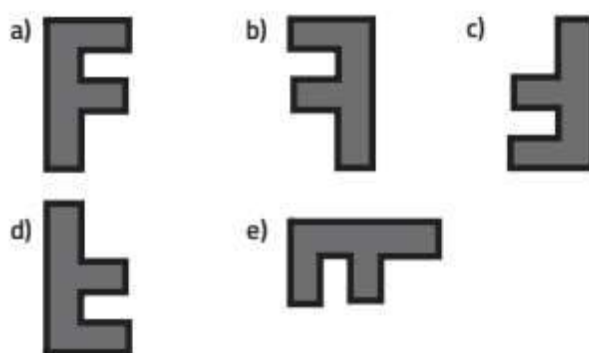


Figura 23 – Associação de espelhos.

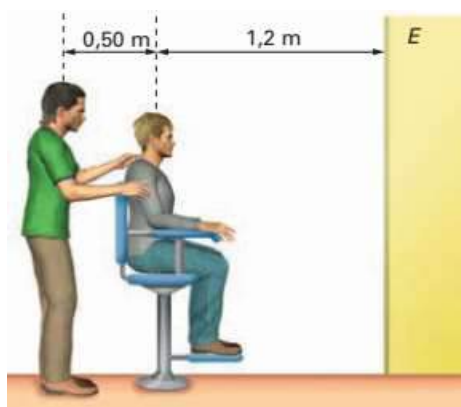
ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS I



Fonte: <https://artedafisicapid.blogspot.com/2020/03/eduardo-souza-fisica-em-quadrinhos.html>. Acesso em: 05 de outubro de 2021.

- 3- Considerando que os espelhos estão formando um ângulo de 90° . Quantas imagens da menina aparecerão?
- 4- Se o ângulo fosse alterado para 60° . Quantas imagens irão aparecer?
- 5- Na Figura 24, o barbeiro está a 0,50m do freguês, que por sua vez está a 1,2 m do espelho plano que está à sua frente. Determine:

Figura 24 – Homem na barbearia.



Fonte: Gaspar (2013).

a) A distância do barbeiro à imagem do freguês;

b) A distância do freguês à imagem do barbeiro.

3.3 Parte III

Avaliação da aplicação do produto educacional (Apêndice B).

3.4 Parte IV

Questionário de opinião acerca da prática com o uso dos quadrinhos para o estudo da óptica geométrica (Apêndice C).

4 Considerações Finais

Por ser uma arte de grande popularidade, é cada vez mais comum encontrá-las em questões de vestibulares e no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), exigindo dos alunos a articulação entre imagem e palavra, relacionando-os aos conteúdos escolares (RAMOS, 2009).

Através das histórias em quadrinhos podemos utilizar diversas estratégias pedagógicas em sala de aula, sua linguagem simples e descontraída, apresentam grandes quantidades de características potencialmente significativas. Já que para fins didáticos elas não servem apenas para ilustrar, mas também para estimular e instigar os alunos, tornando o ambiente educacional mais crítico, dinâmico e prazeroso.

O professor pode adicionar alguns experimentos de fácil acesso durante a aula, para potencializar o recurso das tirinhas, tratando o assunto de modo mais prático e usual. A pesquisa revela que é possível, cada vez mais, introduzir ferramentas lúdicas nas salas de aula para estimular o interesse dos alunos pelos componentes curriculares da física e também de outras disciplinas.

Cabe ao professor usar de sua criatividade e recursos disponíveis para elaborar materiais que promovam o processo ensino-aprendizagem. Este trabalho não tem a pretensão de ser um formulário definitivo sobre metodologias lúdicas para o ensino de Física, mas sim, um estímulo para que mais professores se interessem por estas práticas e realizem métodos que despertem o interesse dos alunos.

O meu muito
obrigado!
Matheus Melo Lima.

Referências

AUSUBEL, D. P. *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. [S.l.]: Interamericana, 1980.

MCCLLOUD, S. *Desvendando os quadrinhos*. [S.l.]: Ltda, 2005.

MOREIRA, M. A. Aprendizaje significativo crítico (critical meaningful learning). *Indivisa. Boletín de estudios e investigación*, La Salle Centro Universitario, n. 6, p. 83–102, 2005.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. [S.l.]: Livraria da Física, 2011.

RAMOS, P. *A leitura dos quadrinhos*. [S.l.]: Editora Contexto, 2009.

RAMOS, P. E. *Tiras cômicas e piadas: duas leituras, um efeito de humor*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2007.

SOUZA, E. O. R. d. *Física em Quadrinhos: uma metodologia de utilização de quadrinhos para o Ensino de Física*. Tese (Doutorado), 2018.

TESTONI, L. A. Histórias em quadrinhos nos livros didáticos de física: uma proposta de categorização. *ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA*, v. 12, 2010.

USBERCO, J. et al. *Companhia das Ciências*. [S.l.]: Saraiva, 2018.

VERGUEIRO, W.; RAMOS, P. *Quadrinhos na educação*. [S.l.]: Editora Contexto, 2019.

APÊNDICE A – Questionário de sondagem sobre as HQ



QUESTIONÁRIO DE SONDAÇÃO

Olá, tudo bem? Você está prestes a responder um questionário, mas não se preocupe, sua identificação não será revelada na dissertação da pesquisa. O objetivo desse questionário é investigar sua afinidade com os quadrinhos. Sua contribuição é muito importante pois através dela, podemos ter um melhor direcionamento do que precisamos melhorar na abordagem do assunto dentro dos quadrinhos.

Parte 1:

1. Você já teve contato com alguma tirinha, charge, cartum ou outro gênero das Histórias em Quadrinhos?

() Sim () Não

2. De que maneira você tem acesso aos quadrinhos?

() Redes sociais: facebook, whatsapp, instagram () Livros didáticos () Bancas de revistas.

3. Você gosta de ler Histórias em Quadrinhos?

() Sim () Não

Parte 2:

4. Quais os personagens dos quadrinhos você mais gosta?

5. Você acredita que é possível aprender um conteúdo de ciências através dos quadrinhos? Comente a respeito.

6. Você já leu algum quadrinho em que o personagem principal era indígena? Caso a resposta seja "não", por que você acha que isso acontece?

7. Já utilizou algum quadrinho, tirinha, gibi, mangá ou algo do gênero para estudar conteúdos de Ciências ou de Física? Justifique sua resposta.

APÊNDICE B – Pós-teste



QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉ-TESTE

Olá, tudo bem? Você está prestes a responder um questionário, mas não se preocupe, sua identificação não será revelada na dissertação da pesquisa. O objetivo desse questionário é averiguar os seus conhecimentos prévios referentes ao assunto: óptica geométrica. Sua contribuição é muito importante, pois através dela poderemos ter um melhor direcionamento no decorrer da aplicação da pesquisa.

QUESTÃO 01. A correção de defeitos visuais é feita com base em uma das áreas da Óptica. Para tanto, usam-se sistemas ópticos corretivos, como as lentes delgadas. Essa área também estuda a formação de imagens, espelhos etc. Essa área da óptica é conhecida como:

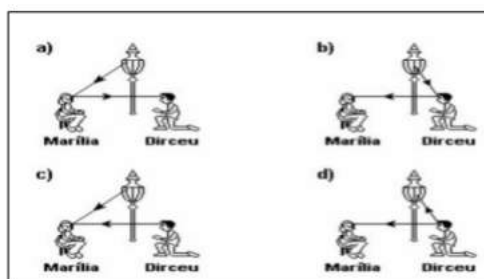
- (A) Óptica Quântica
- (B) Óptica Ondulatória
- (C) Oftalmologia
- (D) Óptica Geométrica

QUESTÃO 02. Por que não é possível enxergar em ambientes totalmente escuros?

QUESTÃO 03. Qual dos objetos pode ser visto em um ambiente perfeitamente escurecido?

- (A) Um espelho
- (B) Uma lâmpada ligada
- (C) Uma camiseta branca
- (D) O olho de um gato

QUESTÃO 04. 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.



QUESTÃO 05. Um quadro coberto com uma placa de vidro plano, não pode ser visto tão nitidamente quanto outro não coberto, porque o vidro:

- (A) é opaco
- (B) é transparente
- (C) não reflete a luz

(D) reflete parte da luz

QUESTÃO 06. Você pode ver a folha de um livro, porque ela:

- (A) é feita de celulose.
- (B) possui luz e a emite.
- (C) é branca e absorve a luz.
- (D) difunde a luz para nossos olhos.
- (E) refrata a luz.

QUESTÃO 07 Com relação a propagação da luz, temos que ela se propaga:

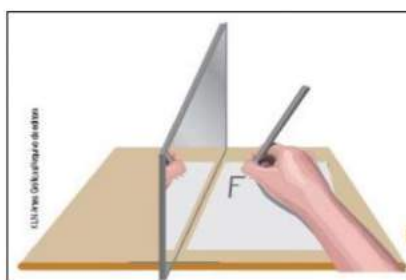
- (A) em linha curva.
- (B) somente no ar
- (C) num só sentido
- (D) em linha reta

QUESTÃO 08 Com base na Figura 1, o fato de o índio ver o peixe em uma posição diferente do original, ocorre devido a: (obs: só existe um peixe na figura, o outro é apenas uma imagem do peixe real).

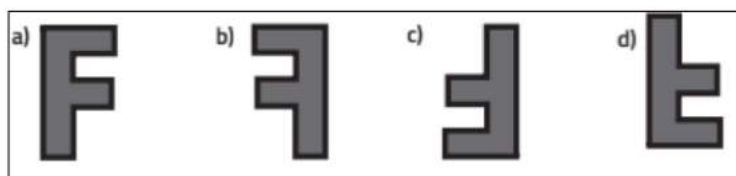


- (A) Reflexão
- (B) Refração
- (C) Decomposição da luz
- (D) Água ser um meio opaco

QUESTÃO 09 Um estudante colocou um espelho plano em pé ao lado de uma folha de papel, como mostra a figura abaixo.



Depois, ele escreveu a letra F no papel. Escolha a opção que mostra a imagem da letra vista pelo estudante no espelho e a desenhe em seu caderno.

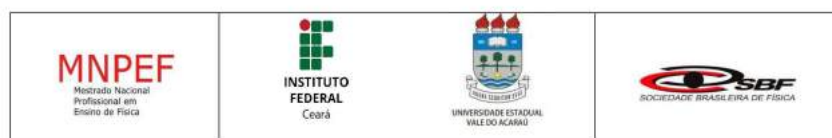


QUESTÃO 10 Dois faroletes emitem feixes de luz que se interceptam. Após o cruzamento dos feixes:

- (A) Um feixe se reflete no outro feixe
- (B) Os dois feixes se juntam formando um único feixe
- (C) Os feixes continuam sua propagação como se nada tivesse acontecido
- (D) Os feixes diminuem de intensidade

Muito obrigado pela sua contribuição!!

APÊNDICE C – Questionário de opinião



QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

Olá, tudo bem? Você está prestes a responder um questionário, mas não se preocupe, sua identificação não será revelada na dissertação da pesquisa. O objetivo desse questionário é avaliar a sua opinião a respeito da prática com o uso dos quadrinhos para o estudo da óptica geométrica. Suas respostas são importantes pois poderão nos conduzir a possíveis melhorias na elaboração dos quadrinhos.

Leia com atenção as questões e marque o círculo com base na alternativa de sua opinião.

	Concorda totalmente	Concorda	Sem opinião	Discorda	Discorda totalmente
Ao utilizar as tirinhas para estudar física, sentir-me mais motivado e interessado durante a aula.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
As tirinhas apresentam uma ótima ferramenta para aprender óptica geométrica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Seria interessante que mais quadrinhos fossem usados para ensinar outros assuntos da física.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A utilização de personagens indígenas favoreceu a valorização da cultura e o aprendizado da física.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os personagens indígenas fizeram com que o conteúdo escolar ficasse mais próximo de minha realidade na aldeia.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Relate como foi a experiência de aprender os conceitos de óptica geométrica através de quadrinhos, podendo ainda destacar os pontos positivos e negativos da prática, dando possíveis sugestões.					

Muito obrigado pela sua colaboração!

APÊNDICE D – Óptica geométrica

Você acredita que pode existir vida sem a presença da luz? Já parou para pensar na importância da luz em seu cotidiano? Tente se locomover, conversar com alguém ou realizar suas atividades diárias no escuro. Seria muito estranho né? Quando falta "luz" nas residências, principalmente se for à noite, é comum as pessoas ficarem aguardando ansiosamente seu retorno para que consigam voltar à normalidade. Dessa maneira, o estudo da luz, de suas características e comportamentos é uma peça fundamental para nossa vida, afinal, sem ela, não teríamos vida.

Através da visão conseguimos interagir com o mundo à nossa volta, a luz visível, responsável pela nossa visão foi objeto de estudo de muitos filósofos e cientistas. Alguns filósofos gregos antigos como Platão, Aristóteles e Sócrates formularam algumas teorias acerca do comportamento da luz, mas ainda apresentavam dificuldades de diferenciar alguns aspectos relacionados à luz e a visão. A luz refletida pelos olhos das pessoas ou animais a noite quando iluminados pelo fogo era vista como a luz que emanava dos próprios olhos, para assim, permitir a visão (SALVETTI, 2008).

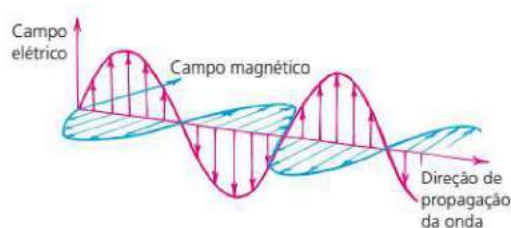
No século XVII, Isaac Newton e Christiaan Huygens propuseram teorias distintas sobre a luz. O primeiro, em 1672, trouxe em seu trabalho "Nova teoria sobre luz e cores" a ideia de que a luz era formada por corpúsculos. Já o outro, em 1690, em seu "Tratado sobre a luz" abordou a luz como sendo uma onda. Esse antagonismo durou até o século XIX, quando Thomas Young, através do experimento de dupla fenda comprovou a teoria ondulatória da luz. Posteriormente, em 1865, Clerck Maxwell, desenvolveu uma brilhante teoria na qual a luz era descrita como uma onda eletromagnética.

Quando as coisas pareciam calmas e resolvidas sobre a teoria da luz, no início do século XX, os trabalhos de Albert Einstein e os vários experimentos de outros cientistas mostraram que havia situações em que a teoria ondulatória não era capaz

de descrever o comportamento da luz. Nesses casos ela se comportava como sendo composta de partículas, que mais tarde seriam chamadas de fótons. Esse comportamento foi chamado de dualidade onda-partícula.

Deste modo, como proposto por Maxwell, a luz é uma onda eletromagnética, formada por um campo elétrico e um magnético perpendiculares entre si, sendo que ambos são perpendiculares em relação à direção de propagação da onda (Figura 1).

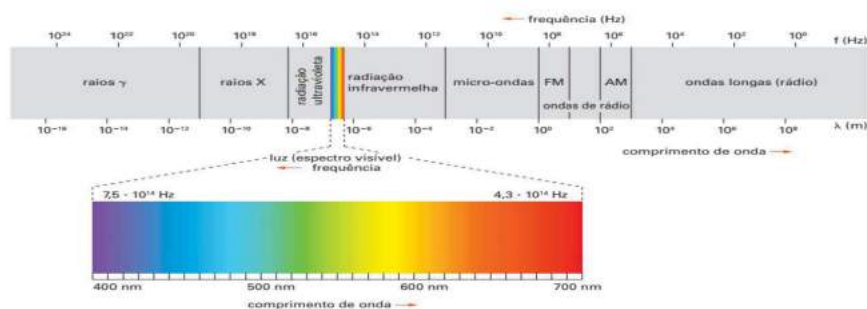
Figura 1: Direção de propagação da onda eletromagnética



Fonte: Hewitt (2010)

Mas para nós, como conceito humano, a luz é a forma como o nosso cérebro interpreta os sinais que ele recebe da retina quando nela incidem radiações eletromagnéticas. Nossos olhos só conseguem detectá-las através de uma estreita faixa do espectro das ondas eletromagnéticas (Figura 2).

Figura 2: Espectro eletromagnético



Fonte: Gaspar (2013)

O ramo da física que estuda a propagação da luz e a sua interação com a matéria é a óptica. Para efeito didático, a óptica no ensino básico é dividida em: óptica geométrica, óptica ondulatória (física óptica) e óptica quântica. Na óptica geométrica a luz é tratada como raios cujo percurso depende da característica do meio (índice de refração). E para entendermos a formação das imagens precisaremos estudar a reflexão, refração e usar conhecimentos de geometria e trigonometria. A óptica ondulatória estuda os fenômenos como interferência e difração. E a óptica quântica estuda a onda eletromagnética pela formalização do conceito de fóton, considerando que a energia é quantizada.

Fontes de luz

Só conseguimos visualizar as coisas ao nosso redor porque recebemos luz dele, a luz incide sobre nossos órgãos visuais e gera o estímulo da visão. Contudo, se o corpo for totalmente negro a luz não chegará aos nossos olhos, e assim, só poderemos detectá-lo pelo contraste com sua vizinhança.

Podemos separar as fontes de luz em dois grupos: fonte primária e fonte secundária.

Fonte primária: são corpos que emitem luz própria.

Ex: O sol, vagalume, vela, lâmpada acesa etc.

Fonte secundária: são os corpos que refletem a luz que recebem.

Ex: a lua, um caderno, árvores etc.

Quando observamos qualquer objeto, seja ele uma fonte primária ou

secundária de luz, estamos recebendo a luz que atravessou um determinado meio físico, seja um sólido, líquido, gasoso ou mesmo o vácuo. Desta maneira, o meio pode ser classificado como:

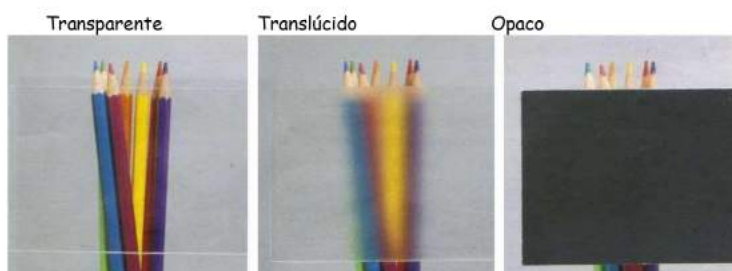
Transparentes: permitem visão nítida de objetos através deles.

Translúcidos: permitem visão parcial, sem nitidez, de objetos.

Opacos: não permitem visão dos objetos através deles.

Podemos visualizar melhor essa classificação com a (Figura 3).

Figura 3: Classificação dos meios

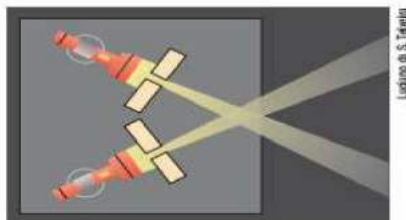


Fonte: Disponível em: <<https://sites.ifi.unicamp.br/mbonanca/files/2019/11/tema4L.pdf>> Acesso em: 05 de outubro de 2021

Os princípios da óptica geométrica

- Princípio da independência dos raios de luz:

Figura 4: Independência do raio de luz de duas lanternas



Fonte: Helou; Gualter e Newton (2010)

A propagação da luz da lanterna (Figura 4) não sofreu nenhuma perturbação ao se cruzar com a outra fonte de luz, seguindo sua trajetória como se não houvesse cruzamento. Esse fenômeno é muito útil no estudo da óptica geométrica pois poderemos focar nossa atenção em um raio de luz sem nos preocuparmos com a interferência dos outros raios.

"Para meios transparente e homogêneos, a luz irá se propagar em linha reta".

➤ Princípio da reversibilidade:

Figura 5: Reversibilidade dos raios de luz



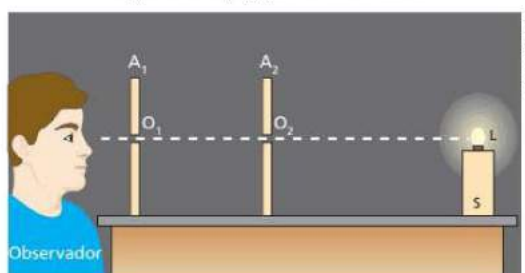
Fonte: Usberco et al. (2010)

Na (Figura 5), podemos observar que a criança no banco de trás consegue ver a motorista no banco da frente assim como o motorista consegue ver a criança no banco de trás. De forma, que:

"A trajetória dos raios luminosos não depende do sentido da reflexão".

➤ Princípio da propagação retilínea da luz:

Figura 6: Propagação retilínea da luz



Fonte: Helou; Gualter e Newton (2010)

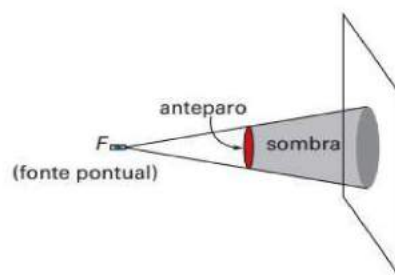
Ao analisar a (Figura 29), percebemos que ao acender a lâmpada L, uma pessoa (observador), com o olho próximo da abertura O1, perceberá luz direta da lâmpada somente se L, abertura O2 e abertura O1 estiverem alinhados. Dessa forma, temos que:

"Para meios transparente e homogêneos, a luz irá se propagar em linha reta".

Algumas aplicações

Em decorrência do princípio da propagação retilínea da luz temos a formação da sombra e penumbra.

Figura 7: Formação de sombra e penumbra em fonte pontual

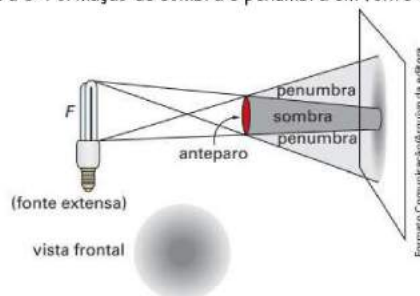


Fonte: Gaspar (2013)

Uma fonte pontual F (Figura 7) emite luz em todas as direções. O anteparo não permite que a luz se propague na sua direção e dessa forma os raios luminosos não atingem a região atrás da esfera. Essa região não iluminada é denominada sombra.

Observe que a fonte F é pequena quando comparada às dimensões do anteparo, por isso dizemos que ela é uma fonte pontual ou puntiforme.

Figura 8: Formação de sombra e penumbra em fonte extensa



Fonte: Gaspar (2013)

Com a fonte de luz extensa (Figura 8), pode-se observar na figura que existe uma região atrás do anteparo que recebe uma pequena intensidade de luz da fonte, não sendo totalmente escura, esta é denominada penumbra.

Logo, a penumbra é uma região parcialmente iluminada e ocorre quando se tem uma fonte de luz extensa. Note que a fonte de luz e a esfera têm dimensões semelhantes e são quase do mesmo tamanho.

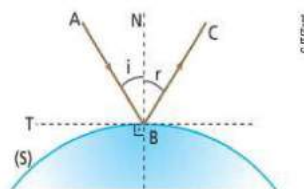
Reflexão da luz

Só conseguimos ver as fontes secundárias de luz devido ao fenômeno da reflexão. Esse fenômeno consiste no fato da luz permanecer se propagando no meio de origem, após incidir na superfície de separação desse meio com outro.

O fenômeno da reflexão é regido por duas leis, que podem ser verificadas de forma teórica e experimental.

1° Lei da reflexão: o raio refletido, a reta normal no ponto de incidência e o raio incidente são coplanares, isto é, pertencem ao mesmo plano.

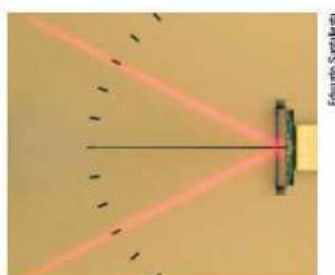
Figura 9: 1° Lei da reflexão



Fonte: Helou; Gualter e Newton (2010)

2° Lei da Reflexão: o ângulo de reflexão é sempre igual ao ângulo de incidência.

Figura 10: 2° lei da reflexão

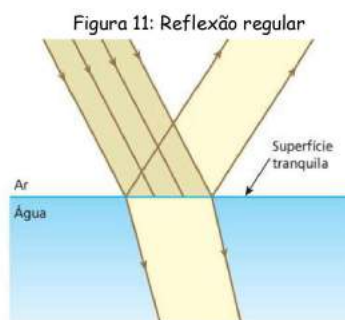


Fonte: Helou; Gualter e Newton (2010)

As leis da reflexão da luz são válidas para a reflexão regular em qualquer superfície. E ela pode ocorrer de forma:

Reflexão regular ou especular.
Reflexão difusa.

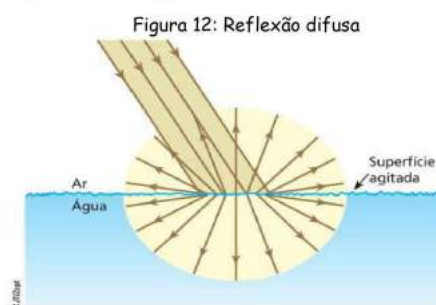
Quando temos superfícies lisas (ou bastante polidas), elas tendem a refletir a luz de forma regular. Nesse tipo de reflexão, é possível enxergar uma imagem refletida pela superfície, como no caso dos espelhos ou de águas calmas.



Fonte: Helou; Gualter e Newton (2010)

Na reflexão difusa a luz incidente sobre uma superfície é refletida em direções distintas ou ainda com ângulos diferentes do ângulo de incidência, não é

possível observar nela uma imagem refletida. Esse tipo de reflexão é chamado de reflexão difusa. Assim, superfícies que apresentam reflexão difusa refletem a luz, mas não são capazes de produzir imagens refletidas.



Fonte: Helou; Gualter e Newton (2010)

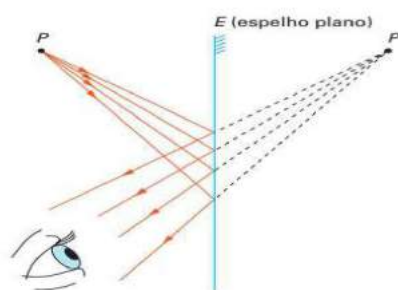
Espelho plano

Para a Física, espelhos são apenas superfícies polidas que produzem reflexão regular. Bons espelhos planos são obtidos com o polimento de chapas metálicas. Entretanto, os espelhos obtidos assim nem sempre são baratos e funcionais.

Em geral, os espelhos planos são confeccionados a partir de uma lâmina de vidro hialino (transparente) de faces paralelas, sendo uma delas recoberta por uma película de nitrato de prata que se reduz a prata metálica (HELOU; GUALTER; NEWTON, 2010).

Os espelhos planos têm empregos bastante diversificados. São utilizados domesticamente, prestando-se a variados fins e também como componentes de vários sistemas ópticos. Quando você está diante de um espelho plano, para pentear o seu cabelo, você seria capaz de dizer como a imagem do seu rosto foi formada? Onde ela realmente está localizada? Quais são as características físicas das mesmas? Se a imagem aumenta ou diminui em relação ao objeto? Muito bem, iremos fazer os devidos esclarecimentos.

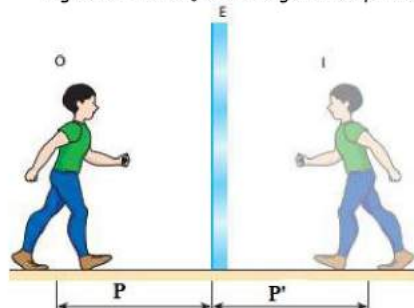
Figura 13: Espelho plano



Fonte: Helou; Gualter e Newton (2010)

Note que o observador está olhando a imagem P' , como se ela estivesse "por trás" do espelho plano. Essa imagem é formada pelos prolongamentos dos raios de luz, por isso ela é chamada de imagem virtual. Quanto ao tamanho da imagem, podemos observar a figura abaixo:

Figura 14: Formação de imagem no espelho plano



Fonte: Helou; Gualter e Newton (2010)

A imagem é exatamente do mesmo tamanho do objeto, o mesmo vale para a distância do objeto até o espelho e da imagem até o espelho plano. Sendo:

P: distância do Objeto ao Espelho.
P': distância da Imagem ao Espelho.
O: altura do objeto.
I: altura da imagem.

A propriedade fundamental do espelho plano diz que:

Nos espelhos planos, a imagem é sempre simétrica ao objeto em relação ao espelho.

A simetria é responsável pelas imagens a seguir:

Figura 15: Simetria do espelho plano



Fonte: Adaptado de Helou; Gualter e Newton (2010)

Na (Figura 15) observamos uma aparente inversão lateral das imagens. Dizemos que a imagem é enantiomorfa, isto é, tem forma contrária à do objeto.

Associação de espelhos

Uma brincadeira muito divertida e interessante pode ser verificada quando

posicionamos dois espelhos planos formando certo ângulo α entre eles, podemos ajustar o ângulo α de modo a formar diversas imagens.

Figura 16: Associação de espelhos planos



Fonte: Adaptado de Helou; Gualter e Newton (2010)

O número n de imagens fornecidas pela associação fica determinado pela expressão empírica:

$$n = \frac{360}{\alpha}$$

Onde:

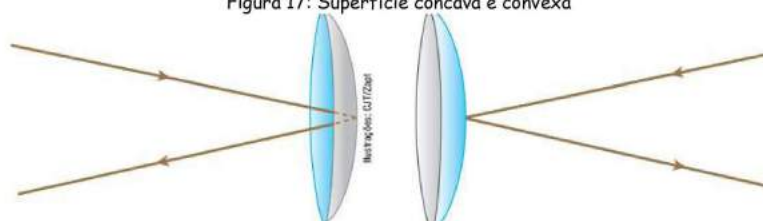
$$\begin{aligned} n &= \text{número de imagens.} \\ \alpha &= \text{ângulo formado pelos espelhos.} \end{aligned}$$

Espelho esférico

Além dos espelhos planos, encontramos diversos outros espelhos em nosso cotidiano, entre eles os espelhos curvos, como o esférico. Em síntese, um espelho esférico é qualquer superfície ou calota esférica espelhada. Se a parte espelhada for

interna, o espelho é côncavo; se for externa, o espelho é convexo.

Figura 17: Superfície côncava e convexa



Fonte: Helou; Gualter e Newton (2010)

Espelhos côncavos: são utilizados como espelhos de aumento nos estojos de maquiagem, como refletores atrás das lâmpadas de sistemas de iluminação e projeção, como em lanternas, faróis, holofotes, projetores, dentre outros.

Figura 18: Espelhos côncavos



Fonte: Adaptado de Helou; Gualter e Newton (2010)

Espelhos convexos: são utilizados como espelhos retrovisores de veículos, em motos e alguns carros de passeio, também é comum encontrarmos em pontos estratégicos de garagens, portas de elevadores, ônibus e outros. A vantagem do seu uso é que esse espelho consegue proporcionar o aumento do campo visual, dando a opção de uma visão mais ampla de determinado cenário.

Figura 19: Espelhos convexos



Fonte: Adaptado de Helou; Gualter e Newton (2010)

Refração da luz

O estudo da refração nos possibilitará compreender muitos fenômenos do nosso dia a dia, por exemplo: quando olhamos para o fundo de uma piscina temos a sensação de que sua profundidade é pequena, mas ao entrarmos nela constatamos que sua profundidade era maior do que aparentava. Podemos notar a refração também em miragens, no arco-íris e na utilização de diversos instrumentos ópticos.

A refração é um fenômeno que consiste no fato da luz ser propagada de um meio para outro opticamente diferente. O meio ser opticamente diferente significa ter índices de refração diferentes. Este depende das características dos meios que a luz atravessa e da frequência da radiação que atravessa esses meios.

O índice de refração de um material óptico, designado pela letra n , desempenha um papel fundamental na ótica geométrica, podendo ser encontrado através da relação:

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

Sendo:

n = índice de refração de um material óptico.
 c = velocidade da luz no vácuo.
 v = velocidade da luz no material.

A luz sempre se propaga mais lentamente através de um material que no vácuo; portanto, o valor de n em qualquer meio material é sempre maior que 1 (Tabela 1). No vácuo, $n = 1$. Como n é a razão entre duas velocidades, ele é um número puro sem unidades.

Tabela 1: Índice de refração para a luz de sódio amarela ($\lambda_0 = 589 \text{ nm}$)

Substância/Material	Índice de refração, n
Sólidos	
Gelo (H_2O)	1,309
Fluorita (CaF_2)	1,434
Sal (NaCl)	1,544
Diamante (C)	2,417
Ferro	$7,9 \times 10^3$
Vidro Flint leve	1,58
Vidro Flint médio	1,62
Líquidos a 20°C	
Água (H_2O)	1,333
Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	1,36
Benzeno	1,501

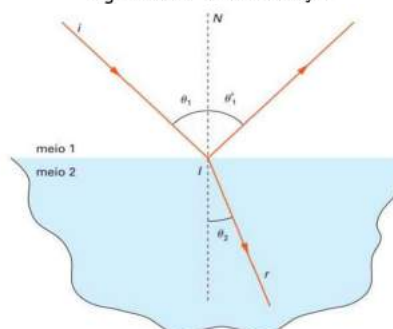
Fonte: Adaptado de Young e Freedman (2009)

Vale lembrar, que o índice de refração depende não só da substância, mas também do comprimento de onda da luz.

As leis da refração são:

1ª lei da refração: O raio de luz incidente i , a normal N à superfície de separação entre os meios e o raio refratado r , estão no mesmo plano.

Figura 20: 1ª lei da refração



Fonte: Helou; Gualter e Newton (2010)

2ª lei da refração: o seno do ângulo de incidência (θ_1 , entre i e N) vezes o índice de refração do meio 1 (n_1) é igual ao seno do ângulo de refração (θ_2 , formado entre N e r) vezes o índice de refração do meio 2 (n_2).

Ou seja:

$$n_1 \text{ sen. } \theta_1 = n_2 \text{ sen. } \theta_2$$

A lei da refração apresentada dessa maneira nos possibilita uma avaliação simples e prática do que ocorre com a trajetória de um raio de luz que atravessa obliquamente à superfície entre dois meios, o ângulo de incidência (ou refração) é menor no lado do meio mais refringente, em que n é maior, e, por consequência, o ângulo de refração (ou incidência) é maior no outro lado, do meio menos refringente, em que n é menor.