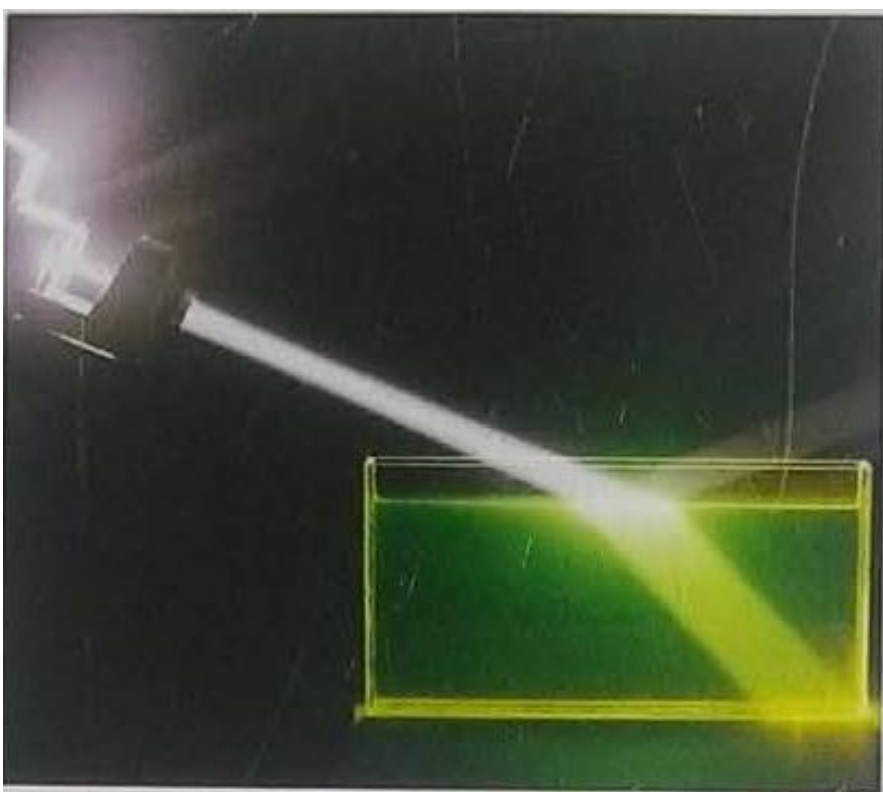
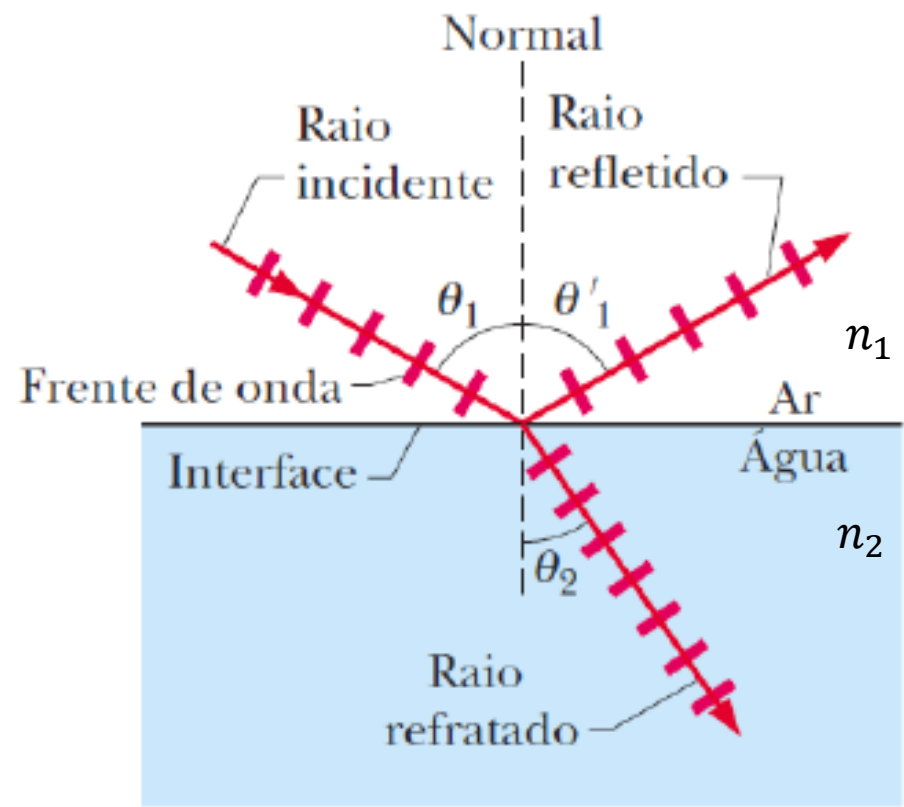


33.8 Reflexão e Refração

Fotografia que mostra a reflexão e a refração de um feixe de luz incidente em uma superfície de água horizontal.



Representação da figura ao lado usando raios. Os **ângulos de incidência** (θ_1), **de reflexão** (θ'_1) e **de refração** (θ_2) estão indicados. O plano que contém o raio incidente e a normal é o **plano de incidência**.



Lei da reflexão: $\theta'_1 = \theta_1$. (33.39)

Lei da refração: $n_2 \text{ sen } \theta_2 = n_1 \text{ sen } \theta_1$. (Lei de Snell), (33.40)

onde n_1 e n_2 são os **índices de refração** do ar e da água, respectivamente.

A Tabela 33-1 mostra os índices de refração do vácuo e de alguns materiais (transparentes) comuns.

Tabela 33-1

Índices de Refração de Alguns Meios^a

Meio	Índice	Meio	Índice
Vácuo	1 (exatamente)	Vidro de baixa dispersão	1,52
Ar (CNTP) ^b	1,00029	Cloreto de sódio	1,54
Água (20°C)	1,33	Poliestireno	1,55
Acetona	1,36	Dissulfeto de carbono	1,63
Álcool etílico	1,36	Vidro de alta dispersão	1,65
Solução de açúcar (30%)	1,38	Safira	1,77
Quartzo fundido	1,46	Vidro de altíssima dispersão	1,89
Solução de açúcar (80%)	1,49	Diamante	2,42

^aPara um comprimento de onda de 589 nm (luz amarela do sódio).

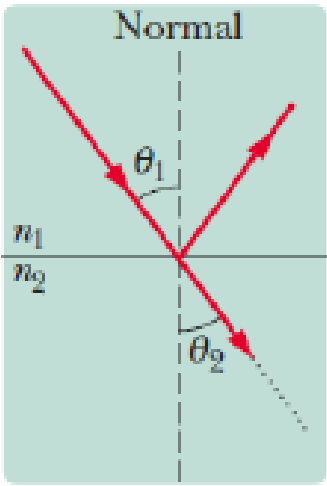
^bCNTP significa “condições normais de temperatura (0°C) e pressão (1 atm)”.

No capítulo 35, veremos que o índice de refração (n) de um meio está relacionado com a velocidade de propagação da luz no meio (v) e com a velocidade de propagação da luz no vácuo (c) através da seguinte equação:

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

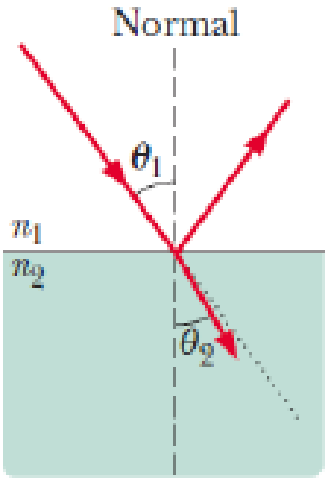
➤ Três resultados básicos da **Lei de Snell** [$n_2 \sin \theta_2 = n_1 \sin \theta_1$] considerando que o feixe de luz incidente seja **monocromático**:

1) Se $n_2 = n_1 \Rightarrow \theta_2 = \theta_1$, a refração não desvia o raio luminoso.



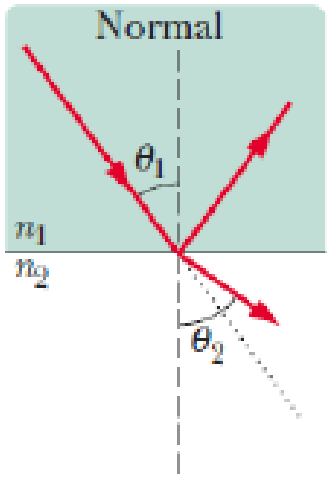
$n_2 = n_1$

2) Se $n_2 > n_1 \Rightarrow \theta_2 < \theta_1$, a refração faz o raio luminoso se aproximar da normal.



$n_2 > n_1$

3) Se $n_2 < n_1 \Rightarrow \theta_2 > \theta_1$, a refração faz o raio luminoso se afastar da normal.



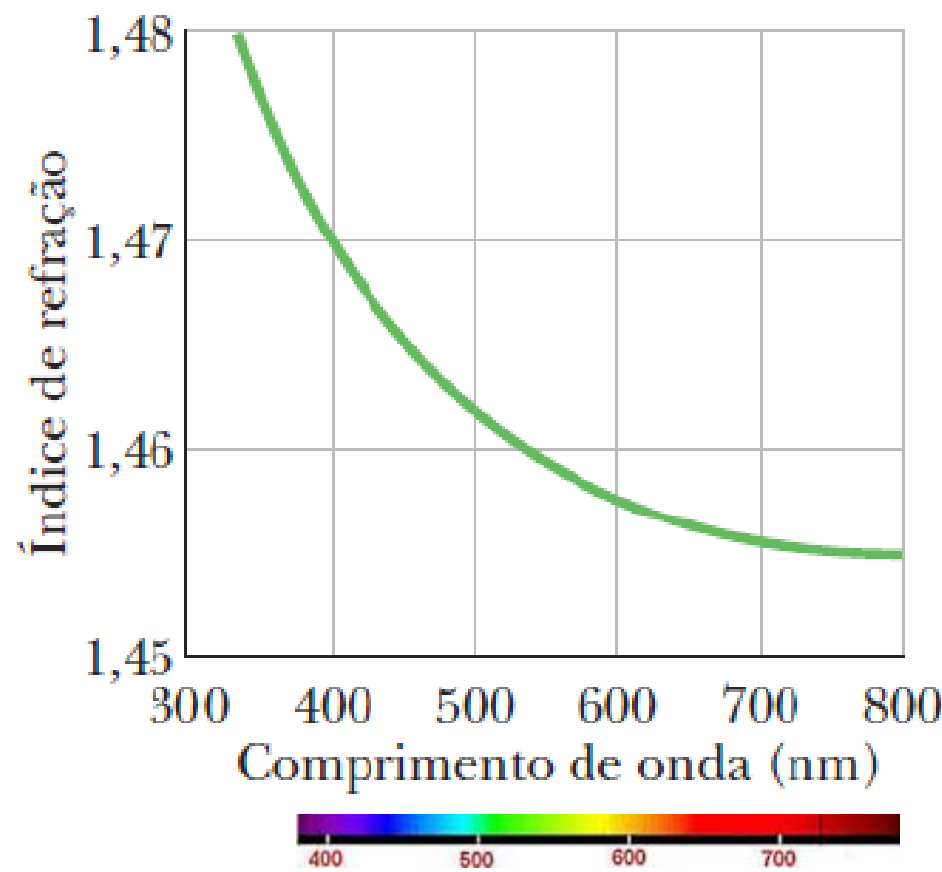
$n_2 < n_1$

• O ângulo de refração jamais é suficientemente grande para que o raio refratado se propague no mesmo meio que o raio incidente.

Dispersão Cromática

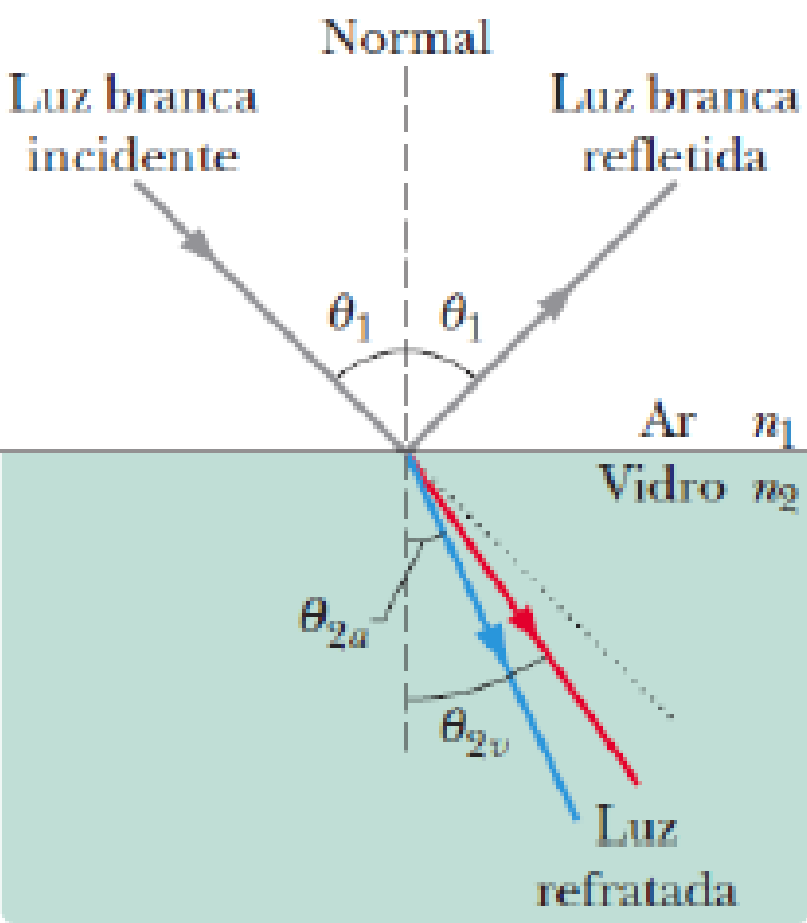
O índice de refração n para a luz em qualquer meio, exceto o vácuo, depende do comprimento de onda da luz. Isso significa que quando um feixe luminoso é formado por raios de luz de diferentes comprimentos de onda o ângulo de refração é diferente para cada raio; em outras palavras, a refração espalha o feixe incidente. Essa espalhamento da luz é conhecido como **dispersão cromática**.

Gráfico de $n = n(\lambda)$ em função de λ para o quartzo fundido.

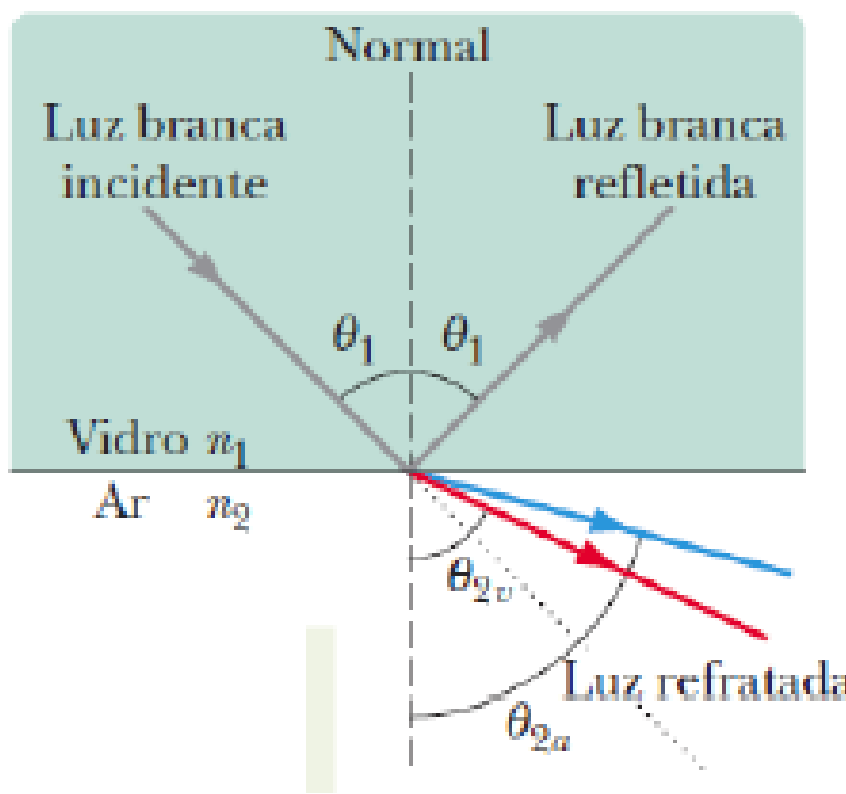


Dispersão Cromática da Luz Branca

Quando a luz branca passa do ar para o vidro o ângulo de refração da **componente azul** é menor do que o da **componente vermelha** ($\theta_{2a} < \theta_{2v}$).

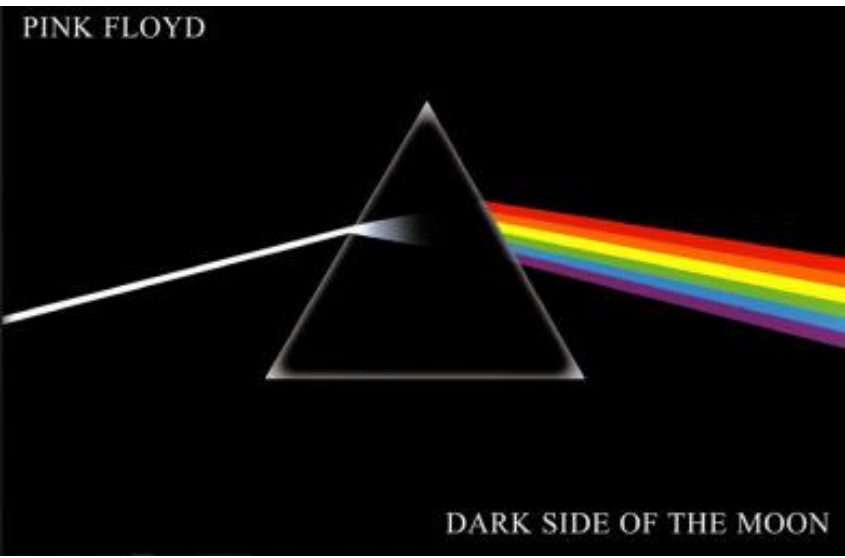


Quando a luz branca passa do vidro para o ar o ângulo de refração da **componente azul** é maior do que o da **componente vermelha** ($\theta_{2a} > \theta_{2v}$).

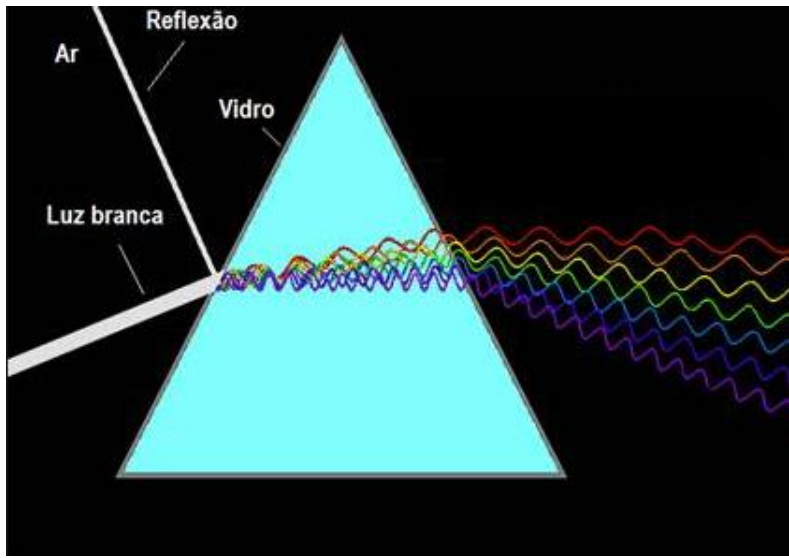


Dispersão Cromática da Luz Branca em um Prisma

Um prisma triangular separa a luz branca nas suas cores componentes.

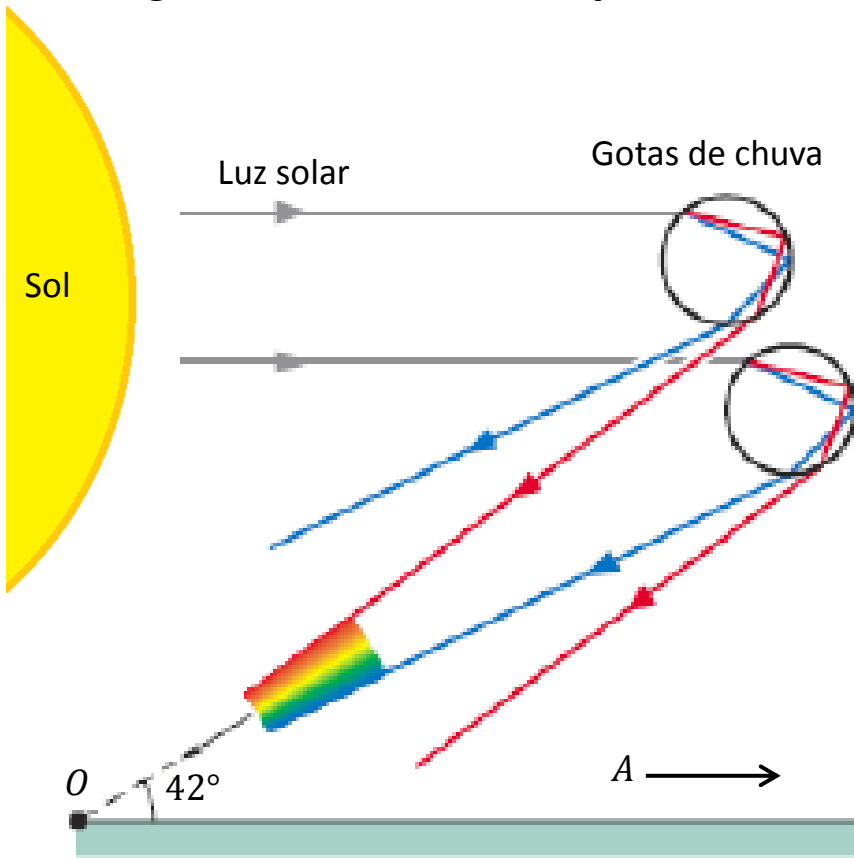


A dispersão cromática ocorre na primeira interface e é acentuada na segunda.

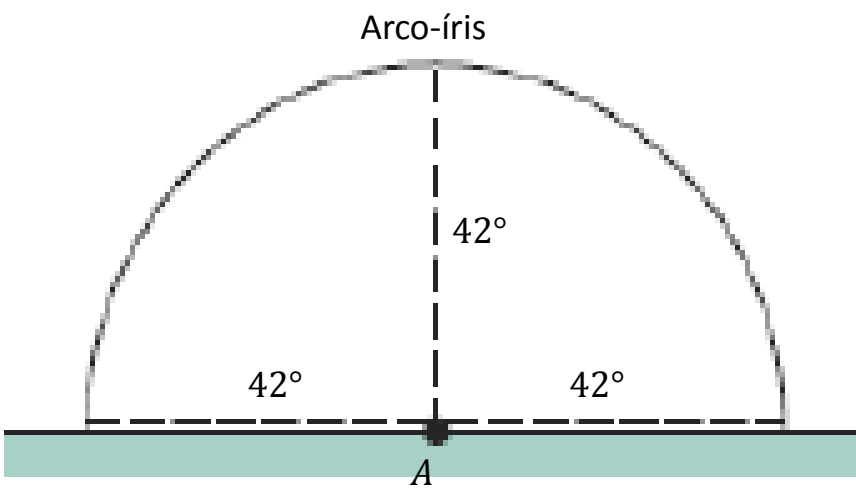


O Arco-íris

(a) A separação de cores que acontece quando a luz do Sol entra e sai das gotas de chuva produz o **arco-íris primário**. O ponto antissolar A está no horizonte, à direita. Os raios de luz que vão das gotas responsáveis pelo arco-íris até o observador (em O) fazem um ângulo de 42° com a direção de A .

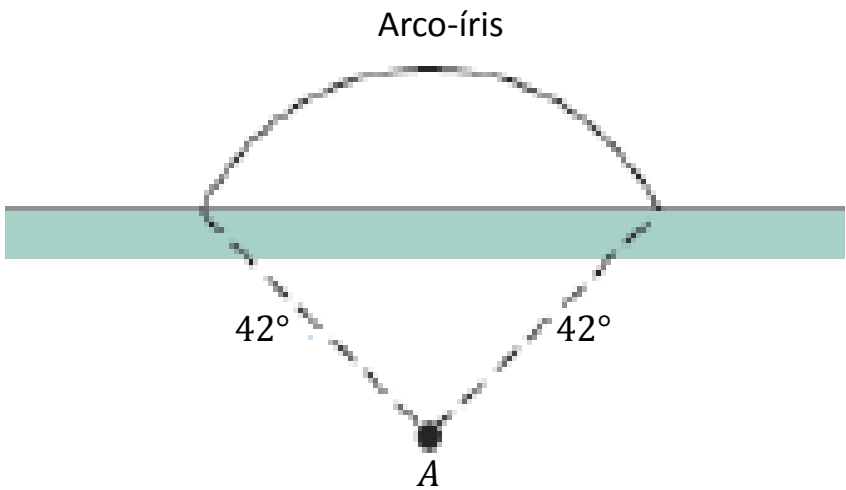


(b) Todas as gotas de chuva cuja direção faz um ângulo de 42° com a direção de A contribuem para o arco-íris e, por isso, o arco-íris é sempre um arco de circunferência que tem o centro no ponto A .

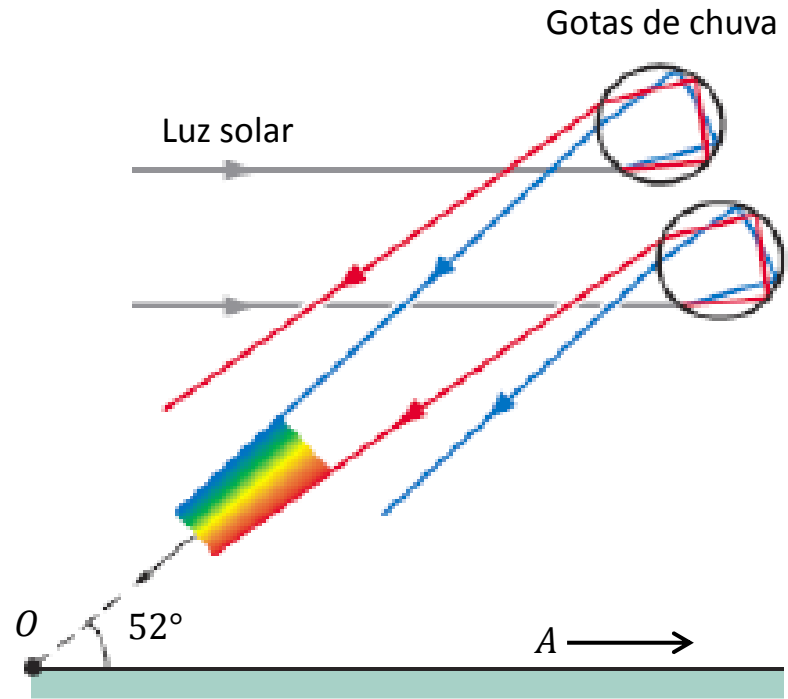


O Arco-íris

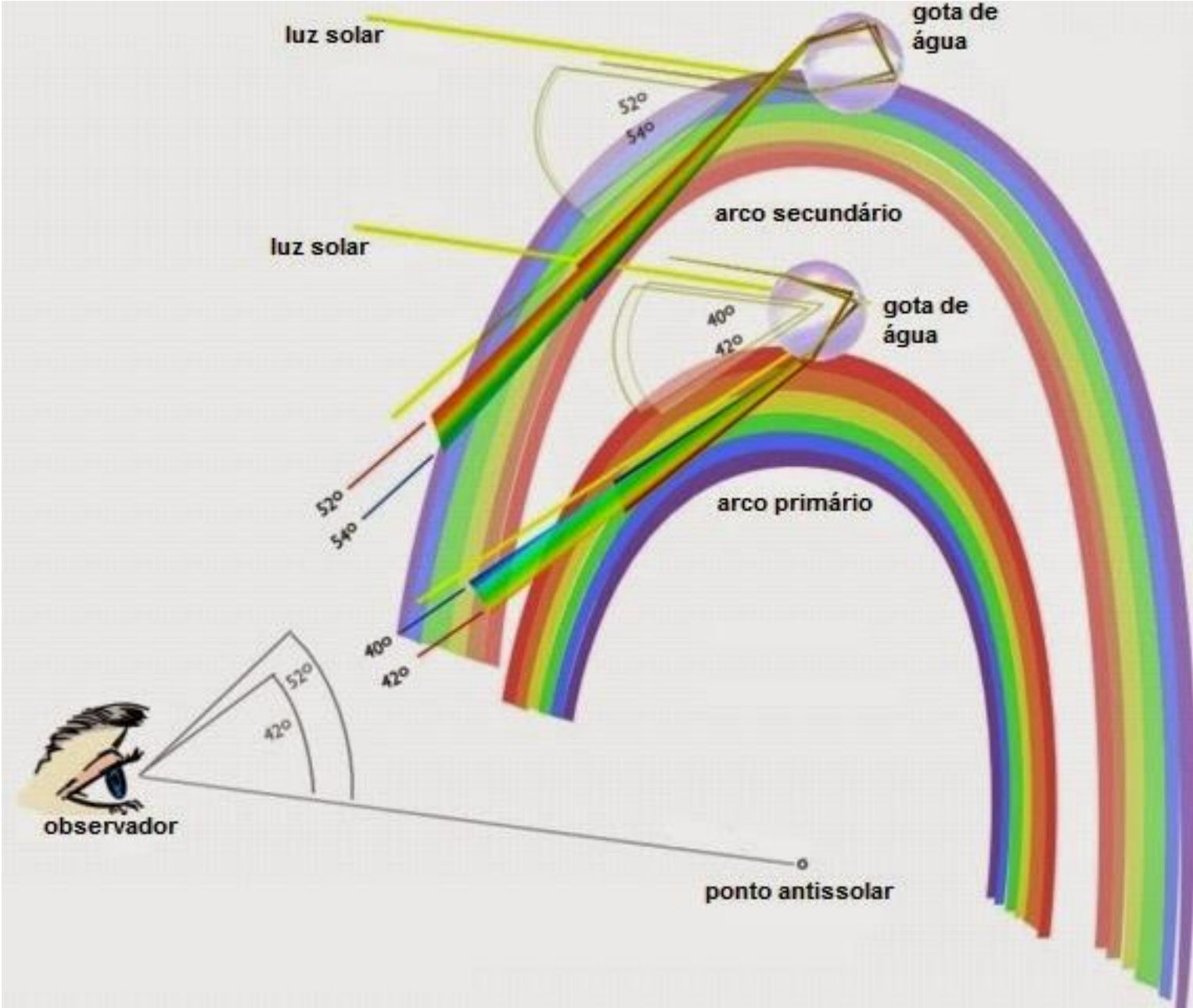
(c) Situação quando o Sol está acima do horizonte (e, portanto, a direção de *A* está abaixo do horizonte). Nesse caso, o arco-íris é mais curto e mais próximo do horizonte.



(d) Formação de um **arco-íris secundário**, no qual as cores aparecem na ordem inversa. Em um arco-íris secundário, a luz é refletida duas vezes no interior de cada gota.



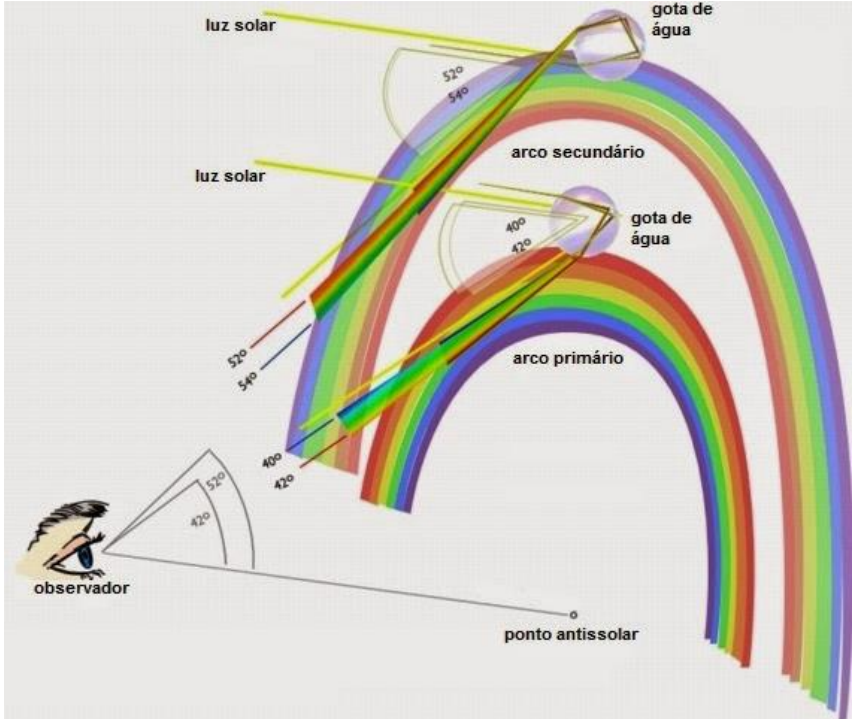
O Arco-íris



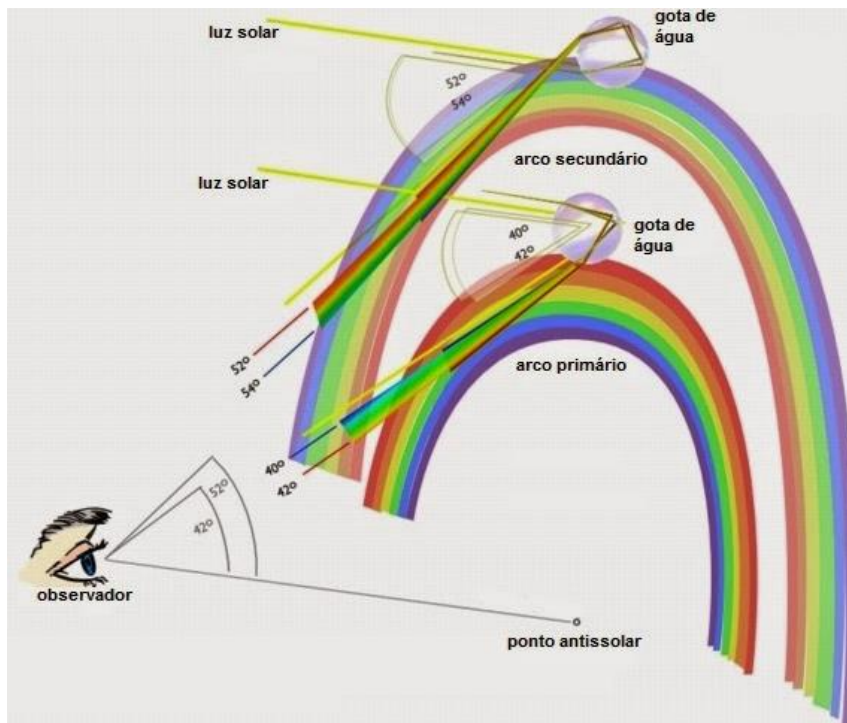
O Arco-íris



O Arco-íris

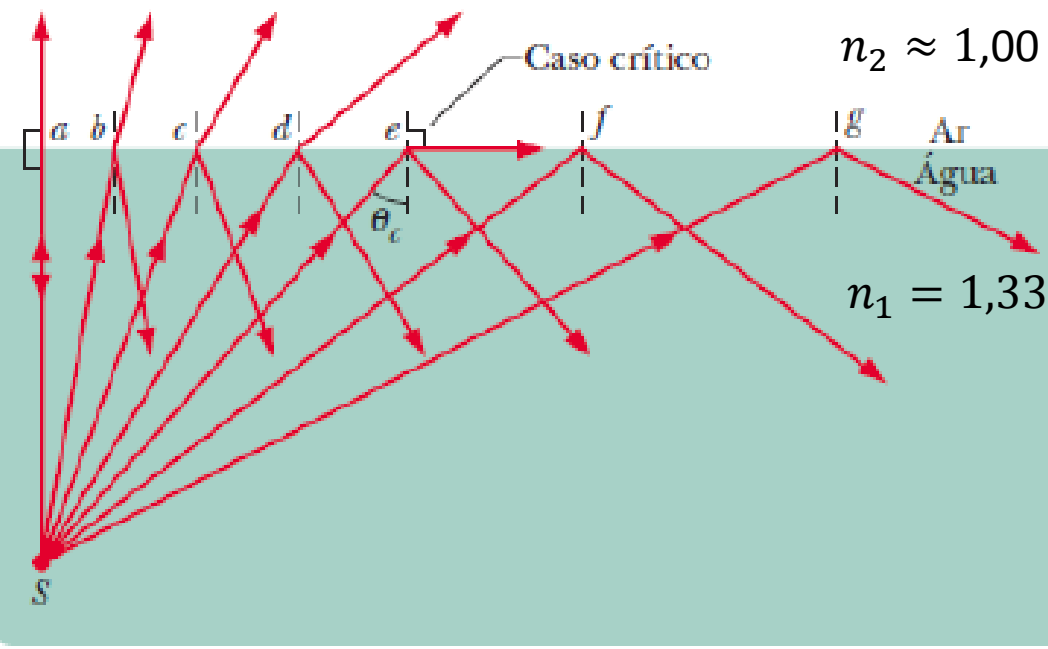


O Arco-íris



33.9 Reflexão Interna Total

A **reflexão interna total** da luz emitida por uma fonte pontual S na água acontece para ângulos de incidência maiores que o ângulo crítico θ_c .



Uma fonte luminosa em um tanque com água.



Para o raio de luz e o ângulo de refração é 90° , o que significa que o raio refratado é paralelo à superfície. O ângulo de incidência para o qual isso acontece é chamado **ângulo crítico** (θ_c).

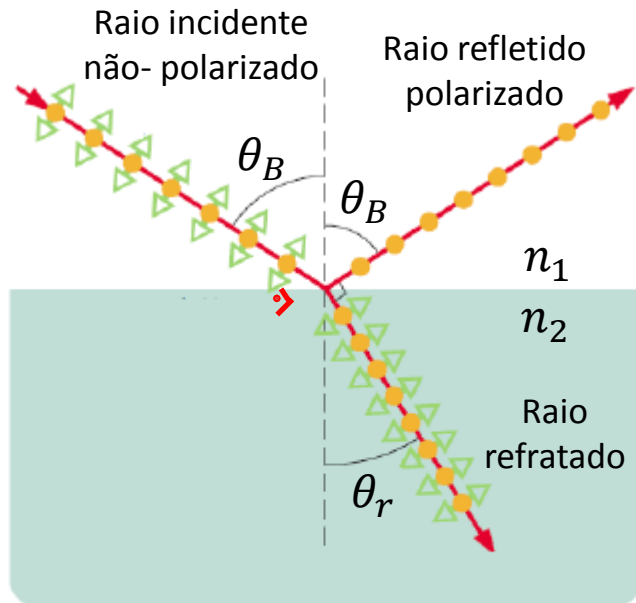
Para ângulos de incidência maiores que θ_c , como os dos raios f e g , não existe raio refratado e toda a luz é refletida; o fenômeno é conhecido como **reflexão interna total**. Para determinar o ângulo crítico, usamos a **Lei de Snell**:

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ$$

$$\theta_c = \text{arc sen} \left(\frac{n_2}{n_1} \right). \quad (33.44)$$

$$\begin{cases} \theta_c(\text{água} \rightarrow \text{ar}) = 48,8^\circ \\ \theta_c(\text{safira} \rightarrow \text{ar}) = 34,4^\circ \end{cases}$$

33.10 Polarização por Reflexão



● Campo elétrico perpendicular ao quadro

↔ Campo elétrico paralelo ao quadro

Um raio de luz não-polarizado, que estava se propagando no meio cujo índice de refração é n_1 , incide na superfície do meio cujo índice de refração é n_2 com um ângulo de incidência igual ao **ângulo de Brewster** (θ_B). O raio refletido contém apenas a componente perpendicular ao plano do quadro e, portanto, está polarizado nessa direção. O raio refratado contém as duas componentes, mas a componente perpendicular é menos intensa; assim, o raio refratado está parcialmente polarizado.

A Lei de Brewster

Observa-se experimentalmente que o **ângulo de Brewster** θ_B é aquele para o qual os raios refletido e refratado são perpendiculares, logo

$$\theta_B + \theta_r = 90^\circ. \quad (33.48)$$

Pela **Lei de Snell**,

$$n_1 \sin \theta_B = n_2 \sin \theta_r = n_2 \sin(90^\circ - \theta_B) = n_2 \cos \theta_B$$

$$\Rightarrow n_1 \sin \theta_B = n_2 \cos \theta_B \Rightarrow \theta_B = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right). \quad (33.49)$$

Exercícios sugeridos das Seções 33.8, 33.9 e 33.10: 45-54, 56-63, 65-70.

51) Na figura abaixo uma estaca vertical com $2,00\text{ m}$ de comprimento se projeta do fundo de uma piscina até um ponto a $50,0\text{ cm}$ acima da água. O Sol está a $55,0^\circ$ acima do horizonte. Qual é o comprimento da sombra da estaca no fundo da piscina?

[Dica: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$]

Resposta: $L = 1,07\text{ m}$.

