

4300160 - Óptica - IME - 2016
Prova 1 com correções e resolução

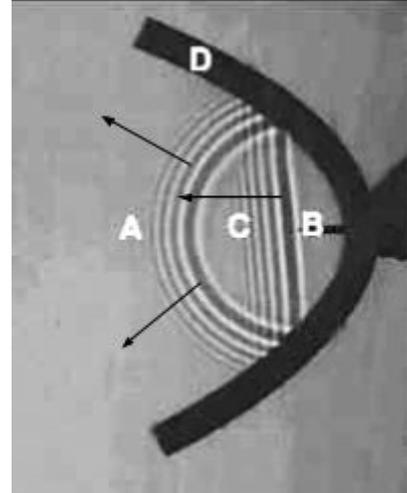
Nome:

Número USP:

Turma:

Q1 (1 ponto). Veja uma onda gerada numa cuba de ondas com uma barreira parabólica. A onda circular foi gerada no ponto focal C e a foto foi tomada alguns instantes depois.

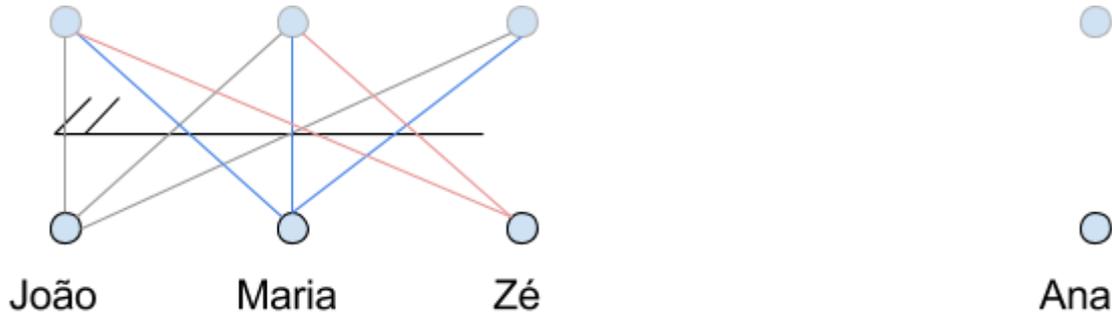
- Desenhe, na figura, três “raios” (dois na parte curva e um na parte plana da onda) e indique a direção.
- Qual é o nome do conceito físico sendo ilustrado aqui? Escolha uma das opções: “dispersão”, “difração”, “reflexão”, “refração” ou “radiação”



Resolução:

- Um “raio” no contexto de uma questão sobre ondas é uma reta perpendicular às frentes de onda. Um raio pode ter a indicação da direção de propagação da onda. Neste caso, sabemos que a onda foi gerada no ponto focal indicado na figura com a letra C. Isso significa que as frentes de onda vão se expandir circularmente. Parte das frentes vai bater na barreira e é refletida. Por ser uma barreira parabólica e a onda emana do ponto focal, estas frentes de onda viram planas.
- Aqui se trata de reflexão. “dispersão” é o fenômeno que a velocidade da onda (ou a índice de refração) depende da frequência da onda; “difração” é o fenômeno que ondas se propagam em todas as direções após passar por uma abertura muito pequena (muito menor que um comprimento de onda); “refração” é a mudança de direção quando uma onda muda de um meio para o outro; “radiação” é outro nome para “onda” (mas não é o fenômeno sendo ilustrado aqui).

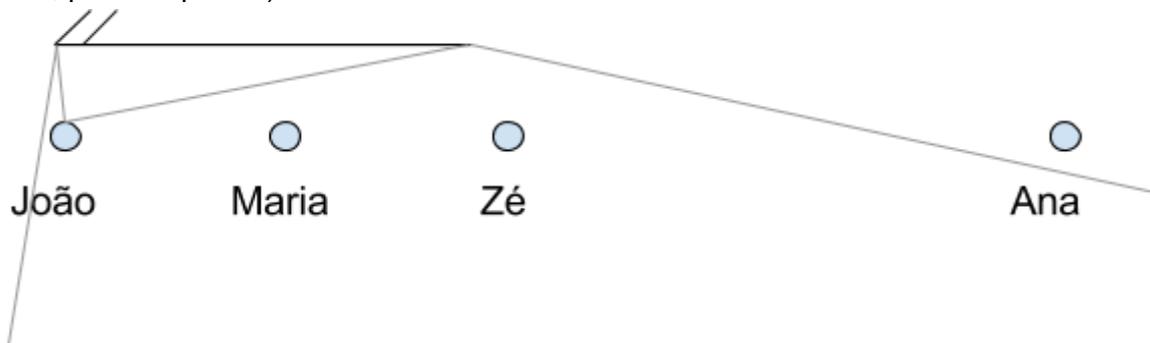
Q2 (2 pontos). Quem pode ver quem no espelho abaixo? Explique seu raciocínio, traçando retas no desenho.



Resolução: uma maneira de saber se A pode ver a imagem I é verificar se a reta A-I cruza com o espelho. Traçei as retas que justificam a tabela abaixo (a ausência de uma reta significa que a reta A - I não cruza o espelho).

↓ pode ver →	João	Maria	Zé	Ana
João	sim	sim	sim	nao
Maria	sim	sim	sim	não
Zé	sim	sim	não	não
Ana	não	não	não	não

Uma alternativa mais complexa seria traçar retas do João até as bordas do espelho, construir as reflexões destas raios marginais e dizer que para ver João um observador deve estar “entre” estas reflexoes dos raios marginais. Veja uma destas construções (só para João, para simplificar)



Q3 (3 pontos). Um objeto de 3 cm de altura fica a 10 cm de uma lente e projeta uma imagem numa tela posicionada no lado oposto ao do objeto e a uma distância de 20 cm da lente.

- a. A lente é convergente ou divergente?
- b. Qual é a distância focal da lente (incluindo a unidade)?
- c. Qual é a potência da lente (incluindo a unidade)?
- d. Qual é o aumento transversal da imagem?
- e. Qual é a altura da imagem?
- f. O objeto, a lente e a tela são imersos em água, o objeto continua a 10 cm da lente.
 - i. Se a tela continua a 20 cm, explique porque a imagem na tela não é mais nítida.
 - ii. O que é preciso fazer com a posição da tela para que novamente uma imagem nítida seja formada na tela?

Resolução:

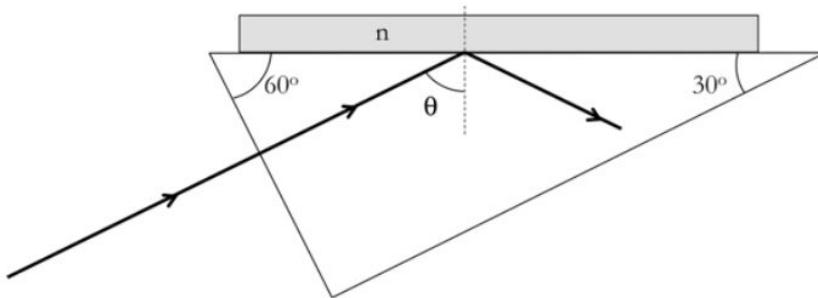
- a. convergente, senão não formaria uma imagem numa tela
- b. $1/f = 1/(10 \text{ cm}) + 1/(20 \text{ cm})$, $f = 20/3 \text{ cm}$
- c. $D = 1/f = 3/20 \text{ cm}^{-1} = 300/20 \text{ m}^{-1} = 15 \text{ dioptrias}$
- d. $M = -p'/p = -20/10 = -2$
- e. -6 cm (invertida)
- f.
 - i. Em água, a diferença (ou melhor, a razão) entre os índices de refração do meio em volta da lente e o vidro da lente é menor. Isso significa que a lente refratará menos. Raios que antes estavam refratados suficientemente para convergir justamente em 20 cm, agora não são mais refratados suficientemente para convergir em 20cm.
 - ii. Pelo raciocínio qualitativo acima, devemos afastar a tela, para colocar ela numa posição onde os raios agora menos refratados se cruzam novamente.

(opcional) Podemos quantificar um pouco o raciocínio em f.i: com “refratar menos” queremos dizer que o desvio da direção da luz ao entrar no vidro da lente (e também na outra interface, quando sai do vidro) é menor quando a lente está em água. A lei de Snell para refração entre ar e vidro é

$\frac{\text{sen}(\theta_{\text{ar}})}{\text{sen}(\theta_{\text{vidro}})} = \frac{n_{\text{vidro}}}{n_{\text{ar}}}$ e para a interface água-vidro temos $\frac{\text{sen}(\theta_{\text{agua}})}{\text{sen}(\theta_{\text{vidro}})} = \frac{n_{\text{vidro}}}{n_{\text{agua}}}$. Se $\frac{n_{\text{vidro}}}{n_{\text{agua}}}$ é mais próximo de 1 do que $\frac{n_{\text{vidro}}}{n_{\text{ar}}}$, isso significa que em água os ângulos de desvio da luz quando entra e sai da lente são menores para a interface água-vidro (note que estamos assumindo um vidro com índice de refração maior do que a de água).

Q4 (2 pontos). Um feixe de luz incide perpendicularmente sobre uma das faces de um prisma feito de um material com índice de refração 1,6. Uma gota de um líquido é colocado sobre a face horizontal do prisma e o raio de luz é totalmente refletido, como mostra a figura ao lado.

- Determine o ângulo de incidência θ .
- Se o líquido for água ($n = 1,33$), haverá reflexão interna total?
- Qual é o maior índice de refração que o líquido pode ter para ter reflexão interna total?



Resolução:

- 60°
- Para ter reflexão interna total, o ângulo de incidência grande suficiente para que o ângulo de refração θ_r seria $> 90^\circ$ (o que seria impossível). Temos $\text{sen}(\theta_r) = \frac{n_{\text{prisma}}}{n} \text{sen}(60) = \frac{1,6 \sqrt{3}}{1,33 \cdot 2} = 1,04 > 1$. Ou seja, para um ângulo de incidência de 60° o sen do ângulo de refração é maior do que 1, o que é impossível \rightarrow temos refração interna total sim.
- $\text{sen}(\theta_r) = \frac{1,6}{n} \text{sen}(60) > 1 \Rightarrow n < 1,6\sqrt{3}/2 \Rightarrow n < 1,386$



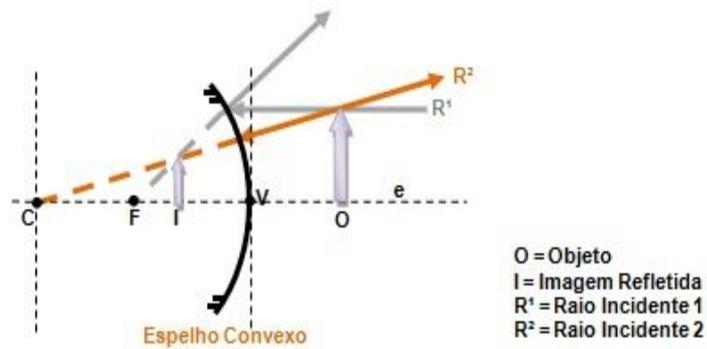
Q5 (2 pontos). Veja detalhes do quadro “O Casal Arnolfini” (Jan van Eyck, 1434).

- a. Observe a imagem do casal no espelho e responda sobre esta imagem:
 - i. o aumento transversal $M < 1$, $M = 1$ ou $M > 1$?
 - ii. se é ereta (direita) ou invertida
 - iii. se é virtual ou real.
- b. O espelho é divergente (convexo) ou convergente (côncavo)?
- c. explique a resposta para o aumento transversal de duas formas:
 - i. por meio de um diagrama de raios (esquemático)
 - ii. por meio da equação de espelhos (deixando explícito a convenção de sinais que está usando)

Resolução:

- a.
 - i. $M < 1$ (a imagem é menor do que seria se o espelho seria plano)
 - ii. ereta
 - iii. virtual (porque estamos vendo a imagem, raios divergem da imagem)
- b. É divergente (convexo), os raios refletidos divergem *mais* comparado com um espelho plano
- c.

- i. Um diagrama de raios típico seria com abaixo, mostrando que a



prolongação dos raios refletidos sempre levam a uma imagem menor do que o objeto.

- ii. Usando a convenção que a distância focal f para espelhos divergentes < 0 , temos que $1/f = 1/p + 1/p' < 0$, ou $1/p < -1/p'$ ou $p'/p < -1$ ou $M = -p'/p < 1$, o que queríamos demonstrar ($p' < 0$ para imagens virtuais).