

**ELECTROMAGNETISMO & ÓPTICA**  
**MECivil+LBEGM**  
**12º Conjunto de problemas**

**1. Espelhos esféricos**

Coloca-se um objecto 16 cm à frente de um espelho côncavo e obtém-se uma imagem 20 cm atrás do espelho.

- a) Se afastarmos o objecto para 50 cm do espelho, onde se forma a imagem ? de que tipo é (direita/invertida, menor/maior) e qual a ampliação lateral ( $m$ )?  
[R: 1,33(3) m atrás do espelho;  $m=2,66(6)$ ; a imagem é direita e maior]
- b) Admita que o espelho é espelhado dos dois lados, e agora se roda o espelho (trocando côncavo por convexo). Note que o objecto (que estava a 50 cm do espelho) não foi mexido. Onde é formada a imagem, como é caracterizada, e qual a ampliação lateral?  
[R: 30,8cm atrás do espelho;  $m=0,62$ ; imagem direita e menor]
- c) Deslocou-se o espelho (agora convexo), formando uma nova imagem 40 cm atrás do espelho. Por quanto e em que sentido (aproximar/afastar do objecto) é que o espelho foi deslocado. [R: o espelho foi afastado +30 cm do objecto]

**2. Refracção em superfície esférica**

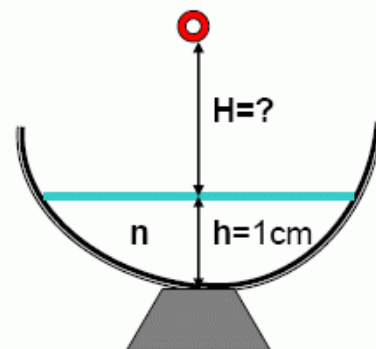
Um peixinho-palhaço está perdido dentro de um aquário esférico, de raio  $R=30$  cm e contendo água salgada com índice de refração  $n=1,4$ . Suponha que num certo instante o "Nemo" está a 5 cm da parede exterior (despreze a espessura do vidro da parede exterior).

- a) Onde se forma a sua imagem para um observador exterior? Como a caracteriza (real/virtual, menor/maior)? [R: 3,75 cm "atrás" da parede exterior (dentro do aquário); imagem virtual, menor ( $M=1,05$ ) e direita]
- b) Como é que o "Nemo" vê o olho do observador, se este estiver a 10 cm da parede do aquário? Como lhe parece? [R: a 16,15 cm "atrás" da parede exterior (no ar); imagem virtual, direita e maior ( $M=1,154$ )]

**3. Espelho + Refracção**

Considere uma taça semi-circular espelhada interiormente (côncava) de raio  $R=50$  cm (note que o desenho não está à escala!). Dentro colocámos água, de índice de refração  $n=1,33$ , até termos uma altura  $h=1$  cm. A que altura  $H$  da água devemos colocar uma cereja, para que a sua imagem coincida consigo própria? Se a deslocarmos 2 cm para cima, onde se forma a imagem?

[R:  $H=36,84$  cm;  $I'=35,04$  cm acima da água]



**4. Lente simples**

Coloca-se um objecto a 2,4 m dum écran. Escolhe-se então uma lente, e coloca-se entre o objecto e o écran de modo a formar uma imagem nítida no écran.

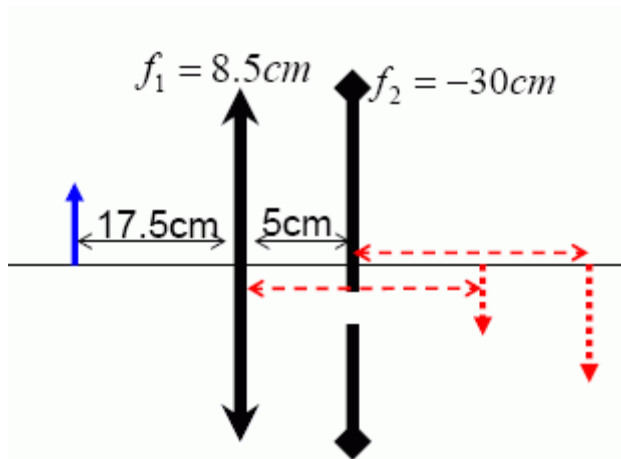
Afastando a lente 1,2 m do objecto, obtém-se uma nova imagem nítida no écran.

- A que distância estava a lente do écran no primeiro caso? [R: 1,8 m]
- Qual a distância focal da lente? [R: 0,45 m]
- Quais as ampliações laterais em ambos os casos? [R:  $M=-3$ ;  $M'=-1/3$ ]
- Suponha que a lente era feita de um material com índice de refração  $n_L=1,52$ . Determine a sua distância focal quando imersa na água (com índice de refração  $n_{\text{MEIO}}=1,33$ ). [R:  $f'=1,638$  m]

### 5. Combinação de Lentes

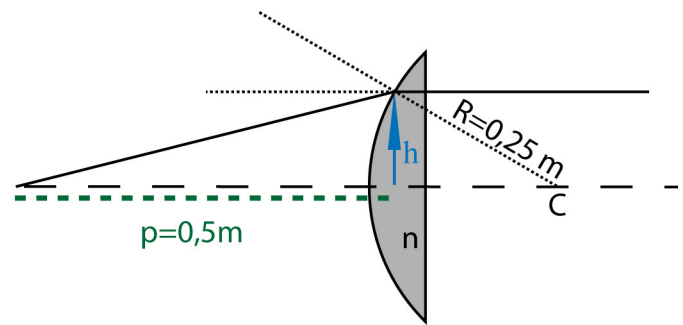
Um sistema óptico é constituído por 2 lentes distantes entre si de 5cm, uma convergente com distância focal  $f=8.5$  cm e outra divergente com distância focal  $f=-30$ cm. Coloca-se um objecto 17.5 cm em frente da lente convergente. A que distância do objecto se forma a imagem final? Quais as suas características (tipo e tamanho)?

[R: 41,22 cm; imagem real, invertida e 1,534 vezes maior]



### 6. (bónus: refração e fórmulas de Fresnel)

No sistema da figura está representada uma lente delgada plano-convexa com raio de curvatura da superfície esférica  $R=0,25$  m. Está também representado um raio de luz que, incidindo na superfície esférica, sai perpendicular à superfície plana. A distância do ponto de incidência na lente ao eixo óptico é  $h=0,01$  m (note que o desenho não está à escala), e o raio de luz cruzou o eixo óptico à distância da lente  $P=0,5$  m.



- Calcule a distância focal da lente,  $f$ , e o índice de refração da lente,  $n$ . [R:  $f=0,5$ m;  $n=1,5$ ]
- Calcule o ângulo de incidência e o ângulo de refração do raio de luz no ponto de incidência representado, justificando as aproximações que julgar convenientes. [R:  $i=3,44^\circ$ ;  $t=2,29^\circ$ ]
- Se o raio de luz tiver polarização linear, no plano de incidência, calcule a razão entre o módulo do campo eléctrico transmitido para a lente e o módulo do campo eléctrico incidente. [R:  $t_{||}=0,8$ ]
- Determine a fracção de energia incidente por unidade de tempo que é transmitida através da lente. [R: 92,2%]