

# ELECTROMAGNETISMO & ÓPTICA

## MECivil+LEGM

### 11º Conjunto de problemas

#### 1. Interferências

Um cientista está no seu moinho, no topo de uma falésia junto à costa marítima, apontando o seu pequeno radiotelescópio para uma estrela distante. Começa por observar a estrela no horizonte, e à medida que esta vai subindo no céu, nota uma variação da intensidade da radiação recebida. Em particular, quando o radiotelescópio faz um ângulo de 30 graus com a horizontal, a intensidade recebida é mínima (1º mínimo). O comprimento de onda da radiação emitida pela estrela é de 150 m.

- a) A que se deve a variação de intensidade?
- b) Qual a altura da falésia? [R: 150 m]
- c) Qual o ângulo [superior a 30 graus] em que o cientista irá detetar o 1º máximo de intensidade a seguir a esse mínimo? [R: 48,59º]

#### 2. Rede de Difracção

A luz do Sódio é composta por radiação de dois comprimentos de onda próximos,  $\lambda_1 = 589,59$  nm e  $\lambda_2 = 589,00$  nm.

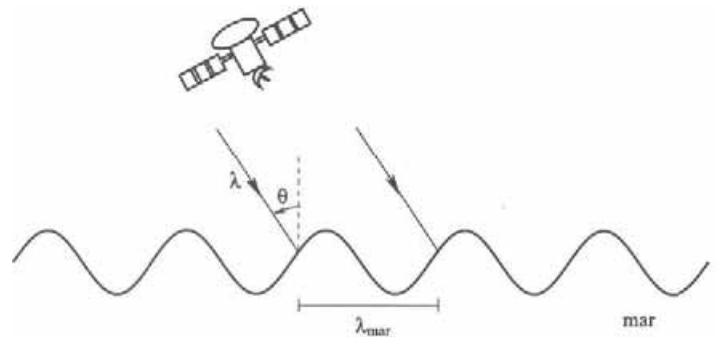
- a) Qual é o número mínimo de linhas que deve ter uma rede de difracção com uma distância entre linhas de  $d = 2$   $\mu$ m, para separar estas duas riscas? Os máximos de 2ª ordem ( $m = 2$ ) ficam separados com essa rede? Quantas riscas no total esperaria observar com essa rede? [R:  $N = (\Delta\lambda/\lambda)/m = (\Delta\lambda/\lambda)/1 = 1000$ ; Sim ( $m=2$ );  $\sin \theta = m\lambda/d \leq 1 \Rightarrow m \leq 3$ ]
- b) Como variava o espectro do Sódio (posição e largura das riscas) se se usasse uma rede de difracção com:
  - i. o mesmo número de linhas, mas com menores distâncias entre si ( $d$  menor); [R: as riscas afastavam-se e a espessura mantinha-se]
  - ii. um maior número de linhas, a mesma distância entre si ( $N$  maior). [R: as riscas mantinham-se no mesmo sítio, mas a espessura diminuía]

#### 3. Interferências

Pretende-se medir o comprimento de onda das ondas na superfície do mar, enviando um feixe de radar e fazendo variar a frequência emitida (figura). Suponha que o índice de refração da água do mar é  $n = 1,33$ .

- a) Ao incidirem perpendicularmente a superfície da onda, apenas para um valor do comprimento de onda do feixe de radar, os raios reflectidos interagem construtivamente. Calcule esse comprimento de onda, em função de  $\lambda_{\text{MAR}}$  e do ângulo  $\theta$  entre o feixe emitido e a vertical do lugar. Faça um esquema. [R:  $\lambda = 2\lambda_{\text{MAR}} \sin \theta$ ]
- b) Se quisermos detectar ondas com 5 m de comprimento de onda (da onda de mar), em que frequência (em MHz) deverá o satélite emitir, para  $\theta = 20^\circ$ ? [R: 87,7 MHz]

- c) Parte da radiação incidente é transmitida para o mar. Qual o comprimento de onda e a frequência do feixe de radar transmitido para o mar? [R: onda no mar:  $\lambda=2,57$  m;  $f=87,7$  MHz]



- d) Qual é o ângulo de desvio do feixe transmitido em relação ao feixe incidente, no caso representado na figura? Porquê? [R:  $0^\circ$ ]
- e) Se na zona onde incidem as ondas tivéssemos um derrame de óleo com índice de refração  $n=1,5$ , e tivéssemos interferência destrutiva na situação da alínea anterior, qual a espessura mínima dessa camada? [R:  $1,14$  m]

#### 4. Reflexão total

Um solar manuelino de Sintra tem um pequeno lago de jardim. O lago, cujas paredes estão cobertas de fungos escuros, é iluminado durante a noite por uma lâmpada colocada no fundo, que emite isotropicamente. Considere que a lâmpada é pontual. O índice de refração da água é  $n = 1,33$ .

- 4.a) Se um dos raios de luz da lâmpada incidir na superfície da água segundo um ângulo de incidência de  $10^\circ$ , calcule o ângulo segundo o qual ele se propaga no ar. [R:  $13,4^\circ$ ]
- 4.b) A lâmpada emite luz amarela com comprimento de onda no ar de  $589$  nm. Qual o comprimento de onda da luz quando esta se propaga na água? [R:  $\lambda=443$  nm]
- 4.c) Nessa noite observa-se que apesar de a lâmpada pontual emitir isotropicamente, quando olhamos para o lago apenas vemos um círculo luminoso com um raio de  $40$  cm. Qual a profundidade do lago? Justifique. [R:  $35$  cm]
- 4.d) Sobre o lago cai inadvertidamente um pouco de óleo de índice de refração  $n=1,474$  que vai formar uma fina camada de espessura  $d$ , à superfície. Observa-se agora que a intensidade do raio de luz no ar varia com o ângulo de observação e é mínima para um ângulo de incidência do raio de luz da lâmpada na superfície da água, de  $10^\circ$ . Qual é o valor mínimo para a espessura  $d$  da camada de óleo? Justifique.  
[R:  $d_{\min} = 101$  nm]

#### 5. Difração

Um cabelo é iluminada por luz vermelha com um comprimento de onda de  $700$  nm. Num alvo colocado a  $2$  m observa-se uma figura de difração.

- 5.a) Tendo medido a distância entre o  $1^\circ$  mínimo e o centro da figura como sendo  $2$  cm, estime a espessura do cabelo.  
[R:  $d = 0,07$  mm]
- 5.b) Qual a posição no alvo do centro do  $3^\circ$  máximo à direita do máximo central e qual a largura no alvo desse máximo?  
[R:  $x_3 = 7$  cm;  $\delta x_3 = 2$  cm]
- 5.c) Quantas linhas poderiam estar projetadas no alvo se fosse suficientemente largo para tal? [R:  $201$  ]