

### 3ª Série de Problemas

## Mecânica e Ondas

### LEE/LEGI

1. Sismos submarinos provocam ondas de comprimento de onda muito grande, quando comparado com a profundidade do mar, e que se propagam a grande velocidade, sem que a sua forma se altere significativamente no percurso (onda de maré ou tsunami). A velocidade destas ondas depende da profundidade do mar,  $h$ , e da aceleração da gravidade,  $v = \sqrt{gh}$ .

1.a) A água é um meio dispersivo para estas ondas? Porquê?

1.b) Calcule a velocidade aproximada da onda que destruiu a parte baixa de Lisboa no terramoto de 1755 e o tempo aproximado que esta levou a propagar-se, desde a entrada do estuário até ao Cais das Colunas (cerca de 6 km).

*Profundidade média da embocadura do estuário do Tejo:  $h = 30$  m.*

2. Um homem à beira de um lago pretende pescar um peixe com um arpão (Figura).



2.a) O peixe é visto pelo eventual pescador acima ou abaixo da profundidade real a que se encontra? Porquê?

2.b) Se o pescador vê o peixe fazendo um ângulo de  $30^\circ$  com a normal à superfície da água (ver esquema), que ângulo de correção deve fazer ao apontar o arpão para acertar no peixe?

3. 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. Por exemplo, quando o radiotelescópio faz um ângulo de 30 graus com a horizontal, a

intensidade recebida é mínima. O comprimento de onda da radiação emitida pela estrela é de 150 m.

**3.a)** A que se deve a variação de intensidade?

**3.b)** Qual a altura da falésia?

**3.c)** Qual o ângulo com a horizontal em que volta a observar um máximo de intensidade?

**4.** 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.

**4.a)** Qual é o número mínimo de linhas que deve ter uma rede de difracção para separar estas duas riscas? Os máximos de 2ª ordem ( $m = 2$ ) ficam separados com essa rede?

**4.b)** Como variava o espectro do Sódio (posição e largura das riscas) se se usasse uma rede de difracção com:

**4.b.i)** o mesmo número de linhas, mas com menores distâncias entre si ( $d$  menor);

**4.b.ii)** um maior número de linhas, a mesma distância entre si ( $N$  maior).

Considere agora uma rede de difracção com 4000 linhas por centímetro iluminada com a luz branca proveniente de uma única fonte. A luz branca contém comprimentos de onda que vão desde o violeta,  $\lambda_1=400$  nm, ao vermelho,  $\lambda_2=700$  nm.

**4.c)** Qual a separação angular do espectro de 1ª ordem ( $m = 1$ )?

**4.d)** Qual a separação angular do espectro de 2ª ordem ( $m = 2$ )? E do espectro de 3ª? Faça a um esquema.

**4.e)** Que conclui quanto a visibilidade dos espectros correspondentes aos vários comprimentos de onda?

**5.** Pretende-se medir o comprimento de onda das ondas a superfície do mar, enviando um feixe de radar e fazendo variar a frequência emitida (figura).

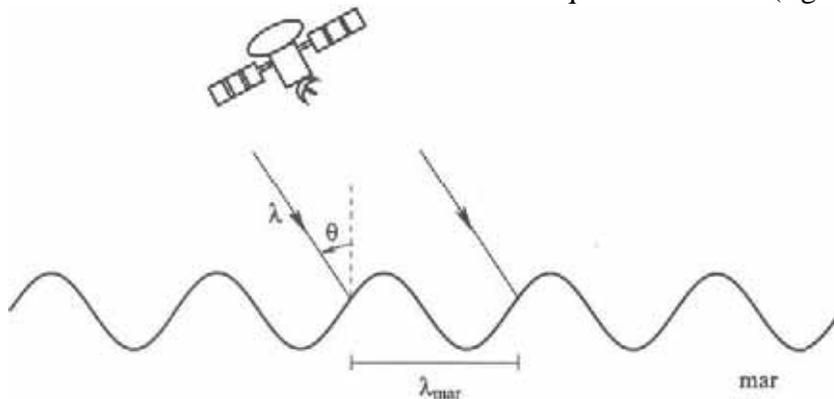


Figura: Medição do comprimento de onda das ondas do mar através de radar.

**5.a)** Ao incidirem perpendicularmente a superfície da onda, apenas para um valor do comprimento de onda do feixe de radar, os raios reflectidos

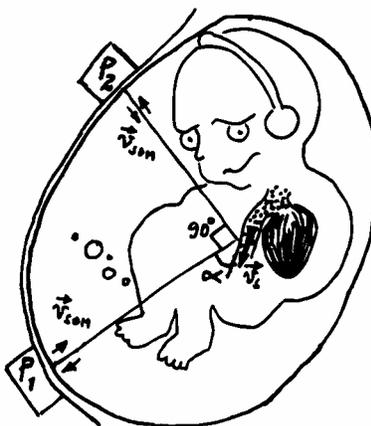
interagem construtivamente. Calcule esse comprimento de onda, em função de  $\lambda_{\text{mar}}$ , e do ângulo  $\theta$  entre o feixe emitido e a vertical do lugar. Faça um esquema.

- 5.b)** Se quisermos detectar ondas com 5 mm de comprimento de onda, em que frequência (em GHz) deveria o satélite emitir, para  $\theta = 20^\circ$ ?
- 5.c)** Parte da radiação incidente é transmitida para o mar. Supondo que o índice de refração da água do mar para a frequência da alínea anterior é  $n=1.33$ , qual o comprimento de onda e a frequência do feixe de radar transmitido?
- 5.d)** Qual é o ângulo de desvio do feixe transmitido em relação ao feixe incidente, no caso representado na figura? Porquê?

- 6.** A ecografia é um exame médico usando ondas sonoras, por exemplo para obter informação sobre o estado do feto no útero materno. Os ecógrafos com efeito Doppler permitem também obter informações sobre as velocidades de circulação do sangue nas artérias e no coração. A frequência da onda de ultrassons emitida pelo ecógrafos abdominais é da ordem de 3 MHz, e a velocidade do som no meio é aproximadamente igual a  $v_{\text{som}} = 1700$  m/s.

Suponha que queremos determinar a velocidade do sangue numa artéria,  $v_s$ , a direcção da artéria e o sentido de circulação do sangue. Para isso vamos examinar um ponto dessa artéria (A) detectando as frequências reflectidas no sangue com a sonda, respectivamente nos pontos  $P_1$  e  $P_2$ . As direcções  $AP_1$  e  $AP_2$  são ortogonais.

A frequência detectada com a sonda na posição  $P_1$  é de 3001,222 kHz e com a sonda na posição  $P_2$  igual a 2999,294 kHz.



- 6.a)** Qual é a velocidade de circulação do sangue nessa artéria?
- 6.b)** Qual é a direcção da artéria e o sentido de circulação do sangue?