Capítulo 5

1. Qual é a espessura de um transdutor de titanato de bário, cuja frequência fundamental de ressonância é de 5 MHz? Que espessura seria a sua terceira harmônica em 5 MHz?

2. Uma voltagem com um pico de magnitude de 10 V é impressa através de um transdutor de titanato de bário que tem uma frequência fundamental de 1 MHz. A área da face do transdutor é de $1cm^2$. Quanto da potência é radiada para a superfície do músculo que está em contato com o transdutor?

3. Utilizando a configuração mostrada na Figura 5.4, derive a Equação (5.6) para a velocidade das faces do transdutor quando excitadas na ressonância pelo campo elétrico E_i (**Dica:** Tome as quatro ondas como deslocamento sob a forma:

$$\begin{aligned} \xi_1 &= A.\cos(\omega t + kz) \\ \xi_2 &= B.\cos(\omega t - kz) \\ \xi_3 &= C.\cos(\omega t + k_1 z) \\ \xi_4 &= D.\cos(\omega t - k_2 z) \end{aligned} \tag{8}$$

onde ξ é o deslocamento das partículas do equilíbrio e k,k_1 e k_2 são as constantes de propagação no transdutor, região 1, e região 2, respectivamente. A velocidade da partícula u é dada por $\partial\xi/\partial t$. Combine a velocidade de partícula u e a pressão p para cada interface seguindo a convensão da Seção 3.4.2. A pressão dentro do transdutor é dada pela Equação (5.5) para um material piezoelétrico. A rede de deslocamento dentro do transdutor é dada por $\xi_1 + \xi_2$. Lembre-se, na frequência fundamental de ressonância, $\lambda = 2l$ no transdutor, então $kl = \pi$. Resolva para $u_f = -\omega D \sin(\omega t - k_2 l))$

4. Um transdutor PZT está radiando dentro da água com uma frequência de ressonância de 3 MHz. Este tem uma superfície de $5cm^2$. Encontre o circuito elétrico equivalente, incluindo os valores para as componentes (assuma que não há perdas internas). Quando utilizado uma voltagem de pico senoidal de 10 V, use R_m para calcular quanto da potência é irradiada pelo transdutor.

5. a) Encontre uma aproximação para Q do seguinte transdutor de quartzo que está na frequência fundamental de 2 MHz com a utilização da Equação (5.18).

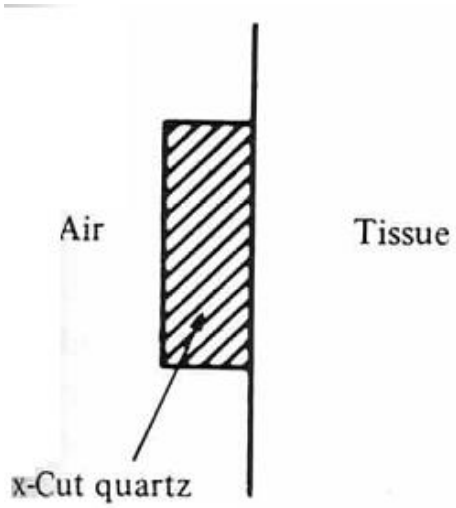

Figure 7: Transdutor de Quartzo

Assuma que as perdas internas do transdutor é nula, então as perdas são feitas totalmente pela transmissão da potência através das faces do transdutor. (**Dica:** Assuma uma onda interna com intensidade I_0 está indo e voltando entre as faces. Determine quanto da intensidade é perdida durante um período da frequência fundamental.)

b) Calcule a resolução axial para estes transdutores de quartzo.

6. Derive a Equação (5.30) para um campo de pressão no eixo central de um transdutor circular iniciando com a Equação (5.29) e a seguindo para os passos descritos no texto.

7. Deriva a Equação (5.37) da Equação (5.36) utilizando a relação integral entre J_0 e J_1 dado no texto.

8. Integre a Equação (5.34) sobre uma fonte retângular de dimensões $b \times h$ utilizando a geometria mostrada na Figura 5.16a para tomar o padrão de pressão da Equação (5.44) ao longo do eixo x_1.

9. a) Faça um gráfico do padrão (similar ao da Figura 5.15a) da intensidademedida sobre um plano de 50 cm de distância de um transdutor circular não focado com 2 MHz, cujo diâmetro é 1 polegada. Encontrar o diâmetro do anel nulo mais próximo em torno do pico central.

b) Estime o diâmetro da largura a meia altura (FWHM) do pico central como determinado pela largura -3 dB para os pontos em cada lado do pico.

10. Um transdutor circular não focalizado é utilizado com a seguinte configuração, veja a Figura 8, com frequência de 3 MHz:

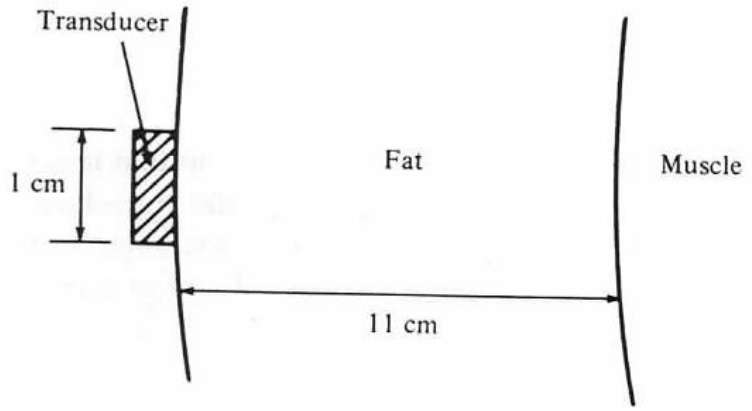

Figure 8: Configuração do Transdutor Circular não focalizado.

Estime a potência em que o transdutor tem que irradiar dentro do tecido em ordem de receber 2×10^{-8} W de retorno nesta face pelo eco feito pela interface gordura/músculo. Inclua os efeitos de espalhamento de feixe e liste qualquer simplificação que você utilizar.

11. Encontre, teoricamente, a resolução axial e a resolução lateral a uma distância de 6 cmde um transdutor circular não focalizado cuja frequência é 3 MHz, e cujo diâmetro é 1.5 cm, e também $Q = 10$.

12. Em ecocardiografia é desejável uma imagem da vávula mitral com uma resolução de aproximadamente 2 mm. A distância do parede toráxica até a válvula é de 7 cm. Para desprezar o excesso de atenuação, a frequência é de 2.25 MHz.

    a) Determine o máximo Q permitido para o transdutor com estes requerimentos de resolução.

    b) Determine o diâmtero mínimo das lentes (e desta maneira do transdutor) com que irá ter a resolução pedida, assumindo que o foco está na válvula.

Radiação acústica (*referência cap 5 e 7, livro Fundamental of acoustics, Lawrence)*

1) Para uma fonte de radiação esférica, mostre que a impedância acústica é dada por $\mathbf{z} = \rho_0 c \cos\theta \, e^{j\theta}$, sendo $\cot\theta = kr$

2) Para a esfera de raio a pulsante, com velocidade U_o e frequência angular ω, mostre que a amplitude da pressão á uma distância ***r*** é dada por . $\mathbf{p}(r,t) = \frac{1}{2} j \rho_0 c (Q/\lambda r) e^{j(\omega t - kr)}$, sendo $Q = 4\pi a^2 U_0$.

3) Considere um transdutor linear de 5 MHz com 5 cm de largura, cuja distribuição dos cristais pode ser considerado como sendo um único cristal linear cilíndrico homogêneo com raio de 1 mm. Sendo a pressão acústica na superfície do cristal igual a 100 Pa e cuja radiação se dá na água. Determine a) a amplitude da velocidade normal a superfície; b) a amplitude da pressão axial à 5 cm da fonte acústica; c) os 5 menores ângulos θ do padrão do feixe para a condição de energia nula e de energia máxima; d) Determine a amplitude total da pressão P(r,θ) nos pontos angulares acima considerando a distância axial de 5 cm.

4) Um transdutor mecânico constituído de um disco PZT circular de 2 cm de diâmetro irradia uma potência acústica de 100 mW a 5MHz na água. (a) qual é a intensidade e a amplitude de velocidade na superfície do disco? (b) Qual é a espessura do feixe na direção de 3 dB, 6 dB e 10 dB para campos distantes ? Obs: A pressão para um pistão circular é igual a

$$P(r,\theta) = \frac{1}{2}\rho_o c U_o \left(\frac{R}{z}\right) kR * H(x)$$
$$x = kR\,\mathrm{sen}(\theta)$$

Os valores da função H(x) estão na tabela em anexo.

5) Um transdutor ultra-sônico circular com 2 cm de raio é normalmente operado a 3,5 MHz. Se desejasse usar mesmo tipo de transdutor a 5 MHz, mantendo-se a mesma pressão acústica no eixo de simetria no campo

longínquo, a) qual deve ser o raio do novo transdutor; b) Determine a distancia axial do transdutor em que ocorre o primeiro máximo e o primeiro mínimo de pressão, ao se aproximar do mesmo, para os dois pistões. Calcule a amplitude da pressão na condição de primeiro máximo.

Tabela de propriedade acústica de alguns materiais

Material	Densidade (kg/m3)	Velocidade (m/s)	Impedância acústica (kg/m2. s ou Rayls)
Ar	1.2	330	0.0004 x 106
Água (20oC)	1000	1480	1.48 x 106
Tecidos moles:	-	-	-
Média	1060	1540	1.63 x 106
Fígado	1060	1555	1.65 x 106
Músculo	1080	1580	1.70 x 106
Gordura	1054	1475	1.38 x 106
Mama	1020	1510	1.54 x 106
Osso médio	1912	4080	7,8 x 106
Osso do crânio	1786	3360	6,00 x 106
Sangue	1057	1575	1.62 x 106
Borracha de Silicone	1130	1026	1.27 x 106
Alumínio	507	6420	3,26 x 106

Valores tabelados de H(x)

X	H(x)
1,0	0,8801
1,2	0,8305
1,4	0,7743

1,6	0,7124
1,8	0,6461
2,0	0,5767
2,2	0,5054
2,4	0,4335
2,6	0,3622
2,8	0,2927
3,0	0,2260
3,2	0,1633
3,4	0,1054
3,6	0,053
3,8	0,0068
4,0	-0,0330
4,5	-0.1027
5	-0.1310

Ultrassom Doppler:

1) Assuma um transdutor de 8 MHz de frente a uma interface movendo-se em direção ao transdutor com velocidade de 15 cm/s. a) qual é a variação Doppler? b) qual é a freqüência do eco? c) qual seria a variação Doppler se o transdutor estivesse inclinado de 30º com relação à direção do movimento? Suponha a onda se propagando em tecido mole.

2) No problema 19, qual seria a velocidade máxima permitida para o objeto alvo se ele estivesse a 5cm do transdutor? Considere o transdutor e o movimento na mesma linha.

3) Considerando que no ultrassom Doppler contínuo, a onda transmitida é do tipo $x_t[t]= \cos(10^7 t)$ e que o eco é do tipo $x_r = -3 \text{ sen } (1{,}1 \cdot 10^7 t)$. Determine a expressão do sinal apresentado na saída do aparelho.

4) Aplicando a demodulação em quadratura para determinar a direção do fluxo, determine as saídas i (t) e q (t) para o problema 21. Faça uma representação gráfica desses dados.

5) Se a freqüência incidente é de 1MHz, a velocidade de propagação é de 1600m/s e a velocidade do refletor em direção à fonte é 16m/s, qual é a freqüência Doppler? Qual é a freqüência da onda refletida?

6) Com base no exercício 23, se o ângulo entre a direção do som incidente e a movimentação do refletor for de 60º, qual será a freqüência Doppler? Qual será a freqüência da onda refletida?

7) Um policial em um carro de patrulha equipado com radar (Doppler) detecta que a velocidade de um automóvel é de 120km/h. Se o ângulo entre o feixe do radar e a direção do automóvel é de 60º, qual é a velocidade real do automóvel?

8) Porque a imagem apresentada pelo equipamento Doppler é um fluxograma (um conjunto de freqüências, ao invés de uma única freqüência)?

9) Que tipo de informação fisiológica pode apresentar a ampliação do espectro de freqüências Doppler?

10) Os equipamentos Doppler de ondas contínuas utilizam transdutores composto de um único cristal ou de dois cristais? Explique.

11) Quais informações acerca do movimento dos refletores podem fornecer as variações Doppler positivas e negativas?

12) Se a chave receptora de um equipamento Doppler de onda pulsada se abre mais tardiamente, a variação Doppler do cursor posicionado próximo à borda superior de uma veia será maior ou menor que o esperado? Explique.

13) Em um equipamento Doppler de fluxo colorido, o que representaria a presença de duas cores no mesmo vaso?