

Radiação acústica

- 1) Mostre que a mudança na densidade de um elemento particular de fluido movendo-se com velocidade \vec{u} é dada por $(\partial\rho/\partial t) + \vec{u} \cdot \nabla\rho$.
- 2) Um fluxo é incompressível se um elemento de fluido não modifica sua densidade com o movimento do elemento. Do problema 10, isto significa que $(\partial\rho/\partial t) + \vec{u} \cdot \nabla\rho = 0$. (a) Mostre que para um fluido incompressível, a equação da continuidade se reduz a $\nabla \cdot \vec{u} = 0$. (b) Escreva a equação de Euler linear para o fluxo de um fluido incompressível. (c) O que representa c para um fluido incompressível?
- 3) (a) Encontre a velocidade do som no hidrogênio em 1 atm e 0° C a partir de seus valores de P_0 , ρ_0 e γ . (b) Compare com o valor tabelado (1269,5 m/s). (c) Que erro na temperatura resultaria na mesma diferença encontrada? ($\gamma = 1,41$; $\rho_0 = 0,090 \text{ Kg/m}^3$ para $T = 0^\circ \text{C}$ em 1 atm)

- 4) (a) Por meio da equação abaixo:

$$c(P, t) = 1402,7 + 488t - 482t^2 + 135t^3 + (15,9 + 2,8t + 2,4t^2)(P_G / 100),$$

determine a velocidade do som em água destilada à pressão atmosférica e à temperatura de 30° C. (b) Qual a taxa de mudança da velocidade do som em água em relação à temperatura, neste ponto de 30° C? ($t = T/100$, T : temperatura em °C e P_G é a pressão Guage em Bar (1 atm=1,01325 bar)

- 5) Para uma onda plana $u = U \exp[j(\omega t - kx)]$, encontre as expressões para o número acústico de Mach U/c (a) em termos de P , ρ_0 e c e (b) em termos de $|s|$.
- 6) Usando $p = Ae^{j(\omega t - k_x x - k_y y - k_z z)}$ para uma onda oblíqua, obtenha a velocidade da partícula e mostre que ela é paralela ao vetor de propagação.
- 7) Se $p = P \exp[j(\omega t - kx)]$, encontre (a) a densidade acústica, (b) a velocidade da partícula, (c) a densidade de energia instantânea e (d) a intensidade.

- 8) Para uma onda acústica composta da superposição de duas ondas propagando-se na direção $+x$ mas com diferentes frequências, mostre que a impedância acústica específica é $\rho_0 c$.
- 9) Dada uma pequena fonte de onda esférica na água, a uma distância radial de 2 cm, calcule a diferença no ângulo de fase entre pressão e velocidade da partícula para 1 kHz e 1MHz. Calcule a magnitude da impedância acústica específica para cada frequência nesta localização.
- 10) Supondo que, em uma determinada profundidade no corpo humano, as amplitudes de pressão e da velocidade de uma partícula, devido a presença de uma onda ultra-sônica de 1 MHz, sejam 46 Pa e 0,03 mm/s, respectivamente. Assumindo que esta é uma onda esférica, encontre a distância da fonte.
- 11) Uma onda ultrassônica plana de 1 MHz no tecido biológico tem um pico de amplitude de pressão acústica de 100 Pa. (a) Qual a sua intensidade (b) Qual a máxima amplitude de deslocamento da partícula? (c) Qual a máxima amplitude da velocidade de partícula?

Propagação de onda

- 12) Uma onda plana de 1 MHz em água, à pressão efetiva de 200 Pa (rms) incide normalmente na interface ar-tecido. (a) Qual é a pressão efetiva da onda plana transmitida para o tecido? (b) Qual é a intensidade da onda incidente no ar e da onda transmitida para o tecido? (c) Expresse, em dB, a razão entre a intensidade da onda transmitida no tecido pela intensidade da onda incidente no ar.
- 13) Uma onda plana incide normalmente na interface tecido-osso. (a) Encontre os coeficientes de pressão e intensidade de transmissão. (b) Encontre a mudança nos níveis de pressão e de intensidade considerando que a $P_{referência}$ é a mesma em ambos os meios.
- 14) Uma onda plana de 5 MHz se propagando em água, colide normalmente com um osso de 1 cm de espessura. (a) qual é a perda de transmissão, expressa em dB, através da placa de osso? (b) Qual é o coeficiente de reflexão potencial desta placa? (c) Repita (a) e (b) para uma placa de

borracha esponjosa de 1,5 cm de espessura com densidade de 500 kg/m^3 e uma velocidade de onda longitudinal de 1000 m/s.

- 15) Mostre que a transmissão de uma onda acústica através de uma placa com impedância acústica igual a $Z_2=(Z_1Z_3)^{1/2}$ será máxima quando sua espessura for igual à um quarto de comprimento da onda ultrasônica ($d=\lambda/4$). Sendo Z_1 e Z_3 a impedância acústica dos meios 1 e 3 separados pela placa e Z_2 a impedância acústica da placa.
- 16) Uma onda plana se propagando na água com uma amplitude de pressão de 100 Pa é incidente a 45° em uma base de cerâmica, considerando $\rho_{\text{cerâmica}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ e $c_{\text{cerâmica}} = 1000 \text{ m/s}$. Calcule (a) o ângulo do feixe transmitido para a cerâmica, (b) A amplitude de pressão do feixe transmitido, (c) A amplitude de pressão do feixe refletido.
- 17) Supondo uma incidência oblíqua com ângulo de incidência ($\theta_i=15^\circ$) na interface tecido-osso, calcule: a) o ângulo de transmissão; b) o ângulo crítico (θ_c); c) o percentual de reflexão e transmissão da pressão d) o percentual de reflexão e transmissão da intensidade.
- 18) a) Mostre que quando uma onda ultrasônica plana de 1 MHz incide sobre um outro meio com ângulo de incidência maior que o ângulo crítico ($\text{sen}(\theta_c)=c_2/c_1$) e velocidade de propagação também maior, a pressão transmitida é reduzida exponencialmente. b) Determine o coeficiente de atenuação (γ) considerando a velocidade de propagação do meio 2 o dobro da velocidade do meio 1 ($c_2=2c_1$).

Atenuação

- 19) Descreva os principais parâmetros que caracterizam a propagação da onda sonora no tecido biológico?
- 20) Considerando que a amplitude da velocidade de vibração do elemento de volume a 1 cm de profundidade é reduzido à metade quando uma feixe ultra-sônico de 5 MHz é emitido sobre um determinado material. a) Determine: O coeficiente de atenuação desse material.

- 21) Considerando que a atenuação no problema 2 é puramente por espalhamento, determine:
- O coeficiente de espalhamento acústico δ_a ?
 - A profundidade no material para que a potência acústica seja reduzida a metade.
- 22) Descreva o princípio da relaxação da energia acústica em tecido biológico?
- 23) Classifique alguns das principais estruturas espalhadoras de radiação Ultrassônica no interior do corpo humano com base na sua dimensão e sua dependência com a frequência.
- 24) Na aplicação do Ultrassom diagnóstico, quem mais atenua a radiação Ultrassônica: As Hemoglobinas ou o tecido mole? Justifique?
- 25) Descreva o processo de espalhamento da radiação ultrassônica em estruturas Biológicas.
- 26) Sabendo-se que, para uma radiação Ultrassônica de 5 MHz, o coeficiente de atenuação no fígado, no pulmão e no sangue é aproximadamente igual a: 5 dB cm⁻¹ , 100 dB cm⁻¹ e 0.5 dB cm⁻¹. Determine:
- 27) a perda de intensidade para a radiação atravessar 1 cm desses tecidos.
- 28) A taxa de intensidade do eco no transdutor, sabendo se que taxa de intensidade refletida na interface gordura-fígado é de 1%. Considere a profundidade do fígado igual a 2.5 cm e que entre o transdutor e fígado tem apenas gordura ($\alpha_{\text{gordura}}=2,5 \text{ db/cm}$).
- 29) Para um feixe Ultrassônica de 5 MHz incidindo em tecido biológico, a variação da velocidade de propagação, devido ao processo de relaxação, é de aproximadamente 4% da velocidade de propagação em água à 20 °C. Determine o coeficiente de atenuação de relaxação máxima e a frequência de relaxação dos tecidos?
- 30)

Tabela de propriedade acústica de alguns materiais

Material	Densidade (kg/m ³)	Velocidade (m/s)	Impedância acústica (kg/m ² . s ou Rayls)

Ar	1.2	330	0.0004 x 10 ⁶
Água (20oC)	1000	1480	1.48 x 10 ⁶
Tecidos moles:	-	-	-
Média	1060	1540	1.63 x 10 ⁶
Fígado	1060	1555	1.65 x 10 ⁶
Músculo	1080	1580	1.70 x 10 ⁶
Gordura	1054	1475	1.38 x 10 ⁶
Mama	1020	1510	1.54 x 10 ⁶
Osso médio	1912	4080	7,8 x 10 ⁶
Osso do crânio	1786	3360	6,00 x 10 ⁶
Sangue	1057	1575	1.62 x 10 ⁶
Borracha de Silicone	1130	1026	1.27 x 10 ⁶
Alumínio	507	6420	3,26 x 10 ⁶

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