

LISTA DE EXERCÍCIOS

1 A linearização das condições de contorno cinemática e dinâmica da superfície livre envolveu a negligência de termos não lineares. Mostre, para ambas as condições, que esta linearização implica que

$$\frac{kH}{2} < 1$$

$H = 2a$ é a altura da onda.

2 Próximo à proa de um submarino em movimento, o casco pode ser representado como uma parábola móvel,

$$D(z - A)^2 = -(x - Ut)$$

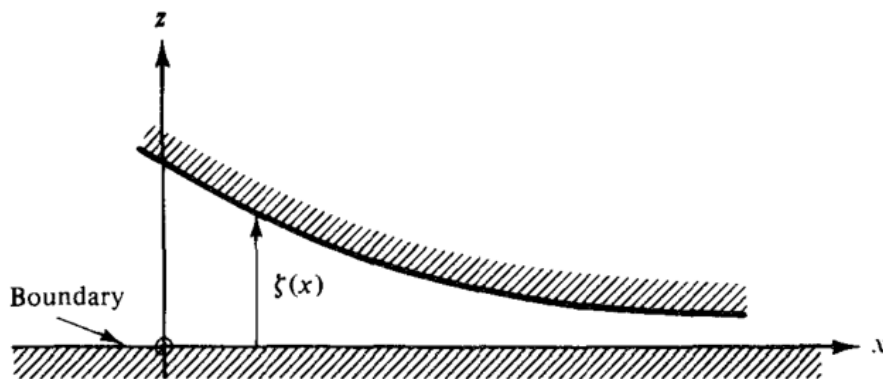
onde U é a velocidade do submarino, A representa a profundidade da linha central do submarino abaixo da superfície livre, e D é uma constante.

(a) Trace a forma do casco em $t = 0$ e $t = 1$ s se o submarino estiver se movendo a 2 m/s.

(b) Determine a condição de contorno cinemática no casco.

3 A equação para a fronteira estacionária $\zeta(x)$ de um fluido incompressível é

$$\zeta(x) = Ae^{-Kx}$$



A componente horizontal

da velocidade pode ser considerada aproximadamente uniforme na direção z .

Se $u(x = 0) = 40$ cm/s, $A = 30$ cm, e $K = 0.02$ cm⁻¹, calcule w na fronteira superior para $x = 50$ cm.

4 A equação para a fronteira superior móvel $\zeta_u(x, t)$ de um fluido incompressível é

$$\zeta_u(x, t) = Ae^{-(kx-Mt)}$$

A fronteira inferior ζ_t é expressa por

$$\begin{aligned}A &= 30 \text{ cm} \\k &= 0.02 \text{ cm}^{-1} \\M &= 0.1 \text{ s}^{-1}\end{aligned}$$

(a) Esboce as fronteiras para $t = 0$

(b) Discuta as características de movimento da fronteira superior (ou seja, velocidade e direção).

(c) A componente horizontal da velocidade (u) pode ser considerada aproximadamente uniforme na direção z . Se

$$u(x, = 0t = 10 \text{ s}) = 40 \text{ cm/s}$$

calcule w na fronteira superior para $x = 50 \text{ cm}$ e $t = 10 \text{ s}$.

5 Usando separação de variáveis, resolva em coordenadas cilíndricas o problema de escoamento estacionário em torno de um cilindro. Dada a equação de Laplace

$$\phi_{rr} + \frac{1}{r}\phi_r + \frac{1}{r^2}\phi_{\theta\theta} = 0 \text{ em duas dimensões}$$

onde os subscritos denotam diferenciação parcial em relação à variável subscrita. As condições de contorno são

$$\phi = Ur \cos \theta \text{ em } r \text{ grande}$$

e

$$\phi_r|_{r=0} = 0.$$

6 Um escoamento horizontal bidimensional é descrito por

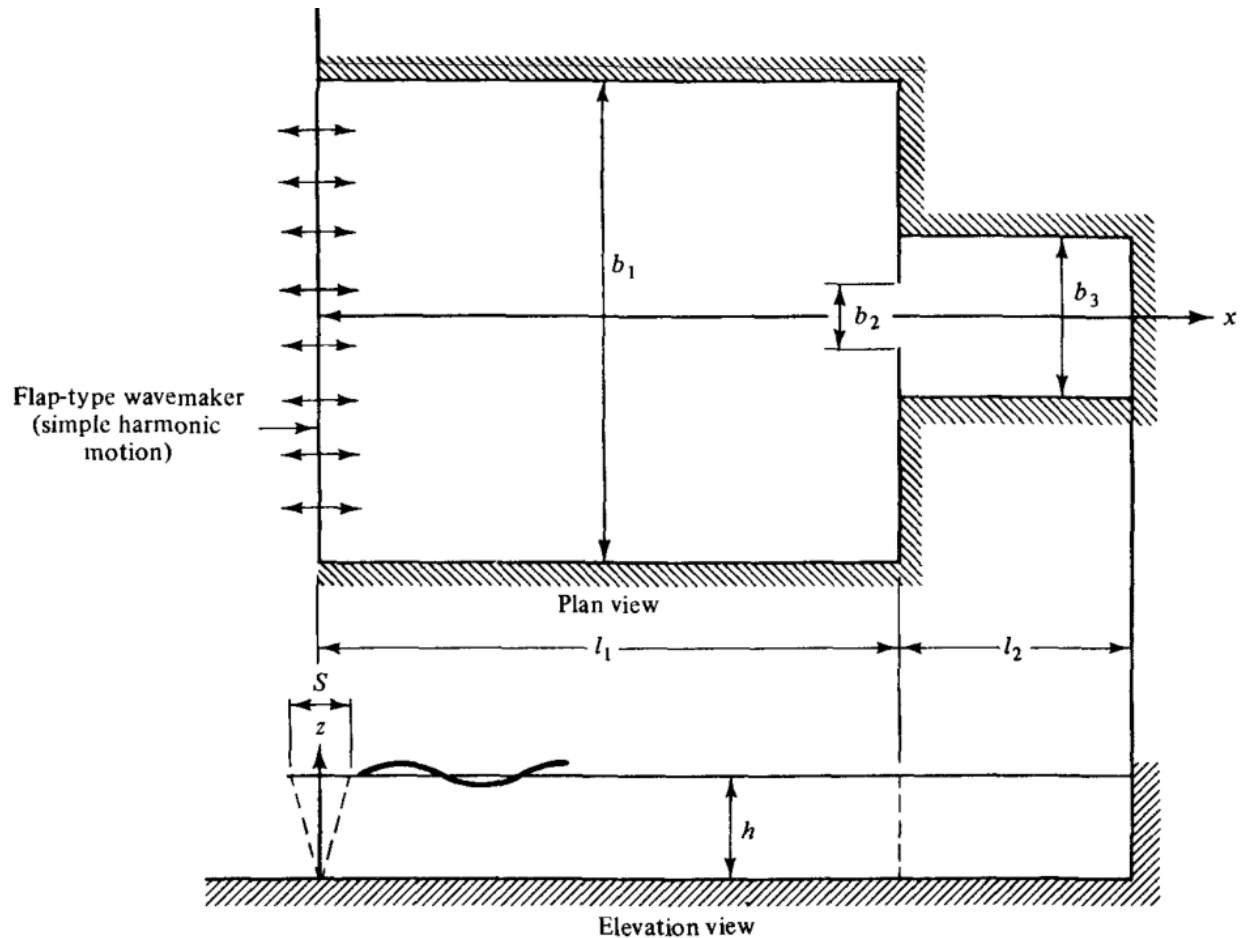
$$\phi(x, y) = 10(x^2 - y^2)$$

Encontre o ponto de pressão máxima se $p = 0$ em $(x, y) = (1, 1)$.

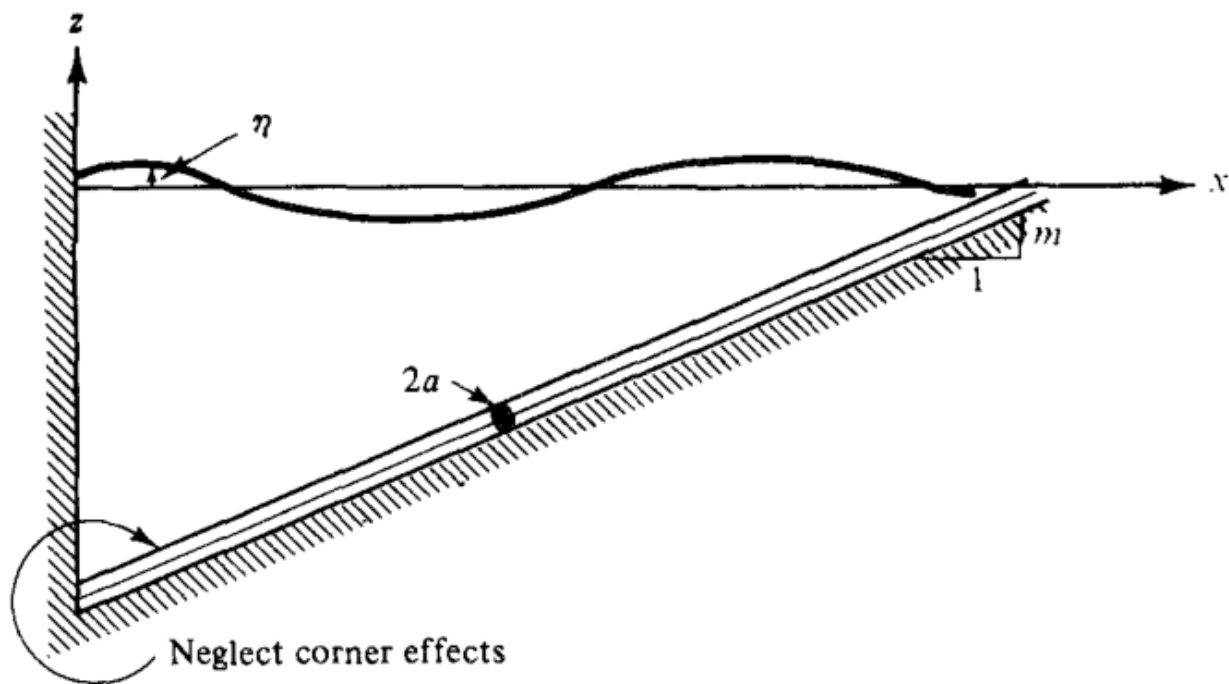
7 Um campo de ondas é observado por satélite. Os comprimentos de onda são determinados como sendo 312 m em águas profundas e 200 m sobre a plataforma

continental. Qual é a profundidade da plataforma?

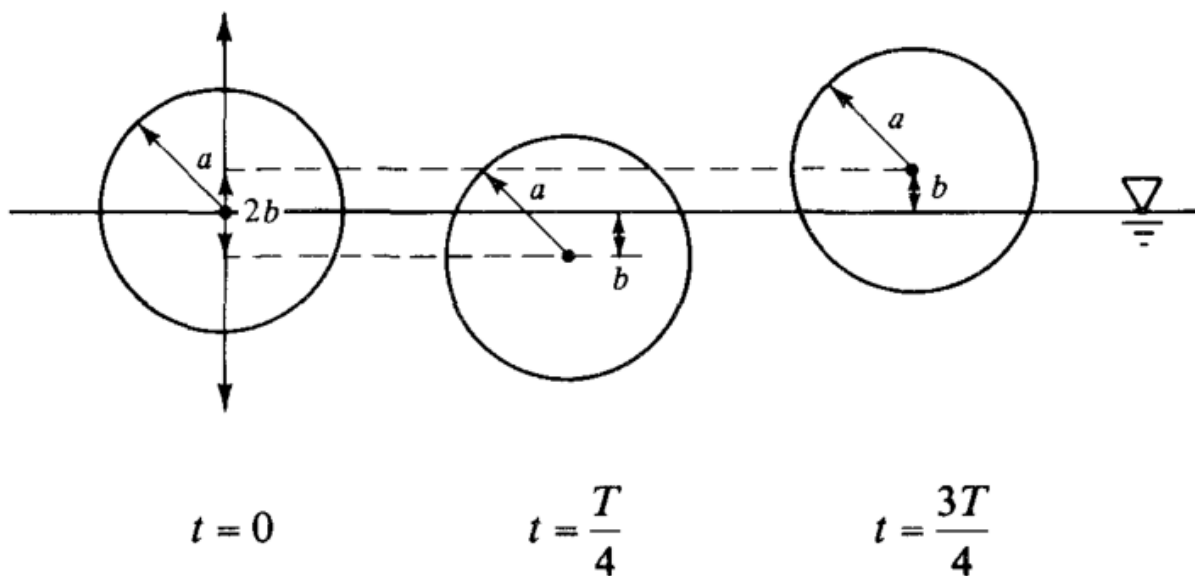
8 Formule o problema de valor de contorno para a situação abaixo, que representa um modelo para estudar os efeitos de ondas em um porto com uma entrada estreita. O curso S do gerador de ondas é considerado pequeno comparado à profundidade h .



9 Estabeleça, mas não resolva, o problema de valor de contorno bidimensional completo (x, z, t) conforme ilustrado, que foi projetado para simular movimentos sísmicos da plataforma continental. O fundo inclinado oscila com um período T e tem amplitude a . Indique todas as suposições.



10 Um gerador de ondas cilíndrico horizontal está oscilando verticalmente na superfície livre. Examinando o problema bidimensional mostrado abaixo, desenvolva a condição de contorno cinemática para o fluido na parede do cilindro. Discuta os resultados.



onde T é o período de oscilação.

11 A função de corrente para uma onda progressiva de pequena amplitude é

$$\psi = -\frac{Hg \sinh k(h+z)}{2\sigma \cosh kh} \cos(kx - \sigma t)$$

Desenhe as linhas de corrente para $t = 0$ quando $T = 5$, $h = 10$ m e $H = 2.0$ m

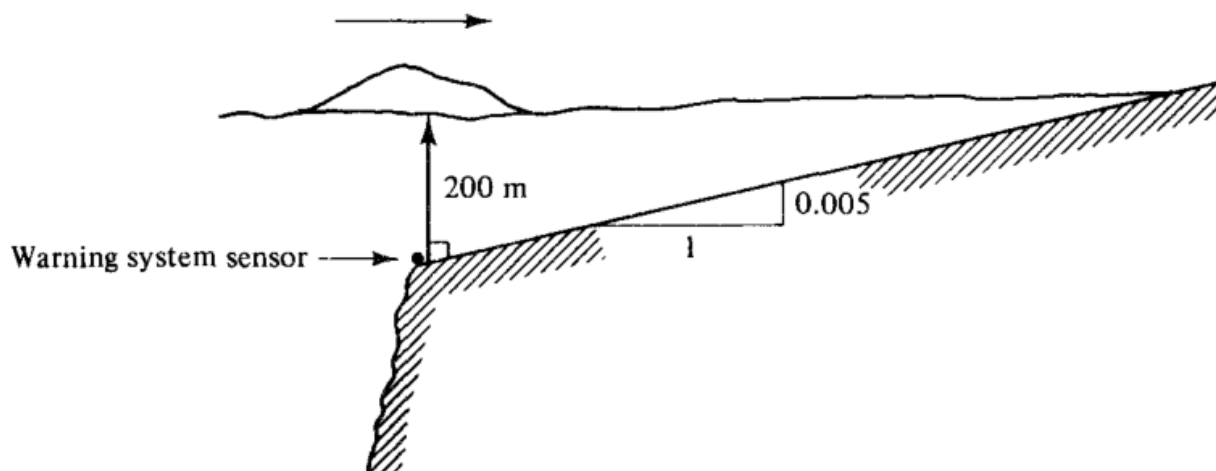
12 Você está em um navio (100 m de comprimento) no oceano profundo viajando para o norte. As ondas (regulares) estão se propagando para o norte também e você observa duas informações: (1) quando a proa do navio está posicionada em uma crista, a popa está em um cavado, e (2) uma crista diferente está posicionada na proa a cada 20 s.

(a) Você tem informações suficientes para determinar a velocidade do navio?

(b) Se a resposta para a parte (a) for "não", quais itens adicionais de informação são necessários?

(c) Se a resposta para a parte (a) for "sim", qual é a velocidade do navio?

13 Um tsunami é detectado às 12:00 h na borda da plataforma continental por um sistema de alerta. A que horas o tsunami pode ser esperado para atingir a linha de costa?



14 Uma forma sinusoidal rígida está localizada como mostrado no esboço. A forma é forçada a se mover na direção $+x$ com velocidade V .

(a) Derive uma expressão para o potencial de velocidade para o movimento da água induzido pela forma móvel.

(b) Avalie $p_c - p_t$ para os seguintes casos:

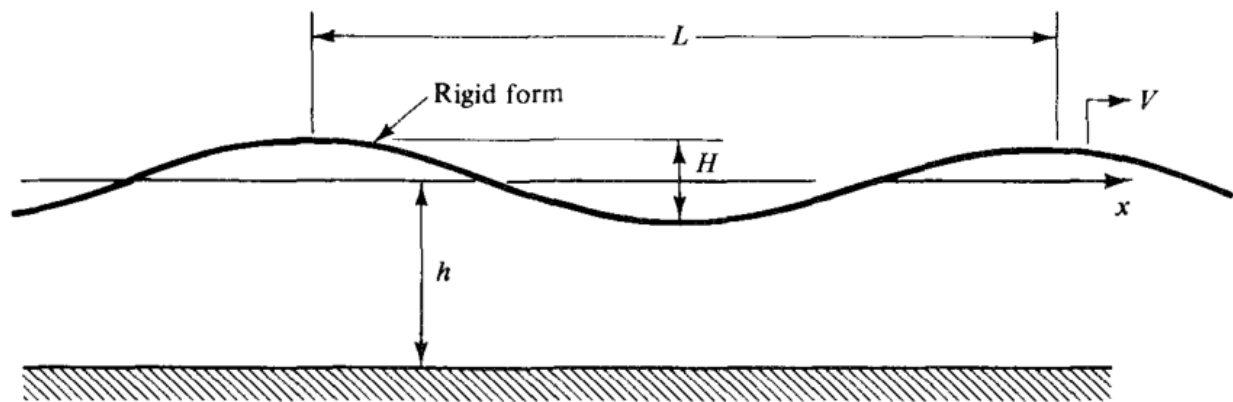
$$(1) V^2 < \frac{g}{k} \tanh k h$$

$$(2) V^2 = \frac{g}{k} \tanh k h$$

$$(3) V^2 > \frac{g}{k} \tanh k h$$

onde p_c e p_t denotam a pressão logo abaixo da crista e no cavado, respectivamente.

(c) Discuta o significado especial de $b(2)$.



15 Desenvolva uma técnica iterativa para resolver a relação de dispersão para k dado σ e h . Nota: É um pouco mais fácil primeiro resolver para kh . (Dica: Uma técnica de Newton-Raphson pode ser usada.)

16 Determine a celeridade de uma onda de águas profundas em uma corrente igual a 50 cm/s e $T = 5$ s. Qual é o período de onda visto por um observador movendo-se com a corrente?

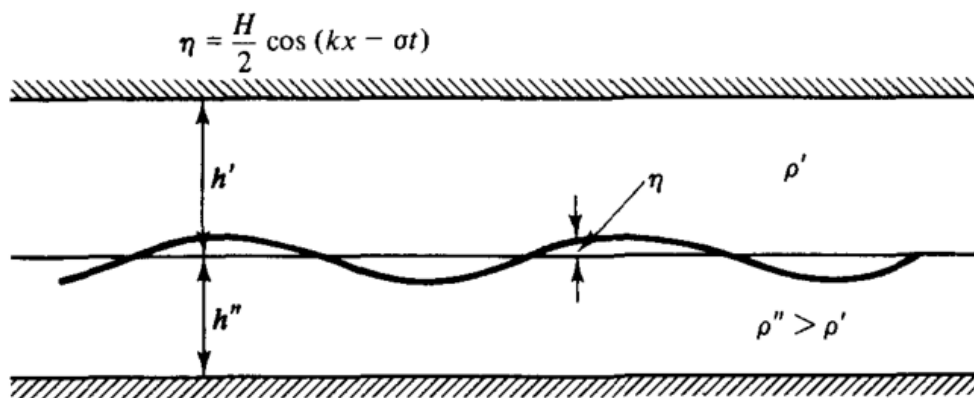
17 Desenvolva o problema de valor de contorno para ondas de pequena amplitude em termos da pressão, assumindo que as equações de Euler são válidas e o escoamento é incompressível.

18 (a) Um trem de ondas está se propagando normalmente em direção à costa sobre uma topografia de fundo com contornos retos e paralelos. O comprimento de onda e a altura em águas profundas são 300 m e 2 m, respectivamente. Quais são o comprimento de onda, a altura e a velocidade de grupo a uma profundidade de 30 m?

(b) Qual é a energia média por unidade de área superficial no local de interesse?

(c) Resolva a parte (a) para o caso das mesmas características de águas profundas, mas com as cristas em águas profundas orientadas a 60° em relação aos contornos do fundo.

19 Deduza a relação para a energia potencial média por unidade de área de interface associada ao deslocamento da interface. (Nota: Despreze os efeitos capilares.)



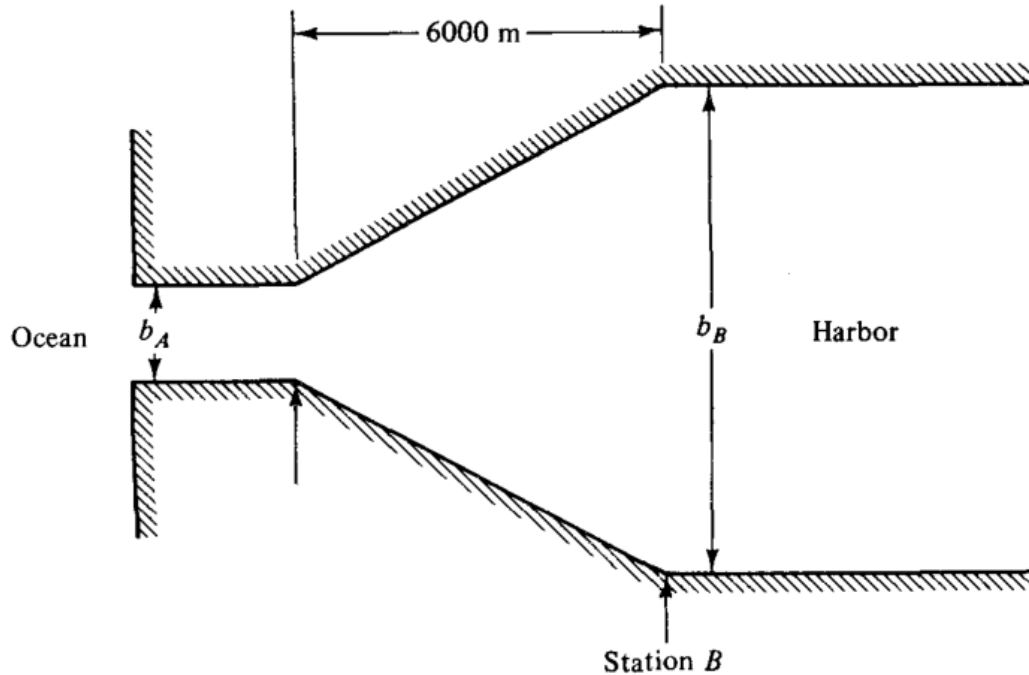
20 A entrada do porto mostrada abaixo é projetada para as seguintes condições de onda em águas profundas:

$$H_0 = 5 \text{ m}$$

$$T = 18 \text{ s}$$

$$H_0 = 5 \text{ m}$$

$$T = 18 \text{ s}$$



Deseja-se projetar a largura na estação B tal que a altura da onda na estação B resultante da onda de projeto seja 2 m. Qual deve ser a inclinação das paredes laterais entre A e B para que este critério seja satisfeito? Utilize as seguintes informações:

$$b_A = 100 \text{ m}$$

$$h_A = 15 \text{ m}$$

$$h_B = 10 \text{ m}$$

e assumo que a altura da onda é uniforme em toda a largura do porto na estação B e que o espaçamento entre as ortogonais na estação A é metade daquele em águas profundas.

21 Observações dos movimentos das partículas de água em um sistema de ondas de pequena amplitude resultaram nos seguintes dados para uma profundidade total de água de 1 m: semi-eixo maior = 0,1 m; semi-eixo menor = 0,05 m

Estas observações se aplicam a uma partícula cuja posição média está no meio da profundidade. Quais são a altura da onda, o período e o comprimento de onda?

22 Como uma primeira aproximação, a diminuição da amplitude da onda devido a efeitos viscosos pode ser considerada como ocorrendo exponencialmente. Por exemplo, para uma onda progressiva η :

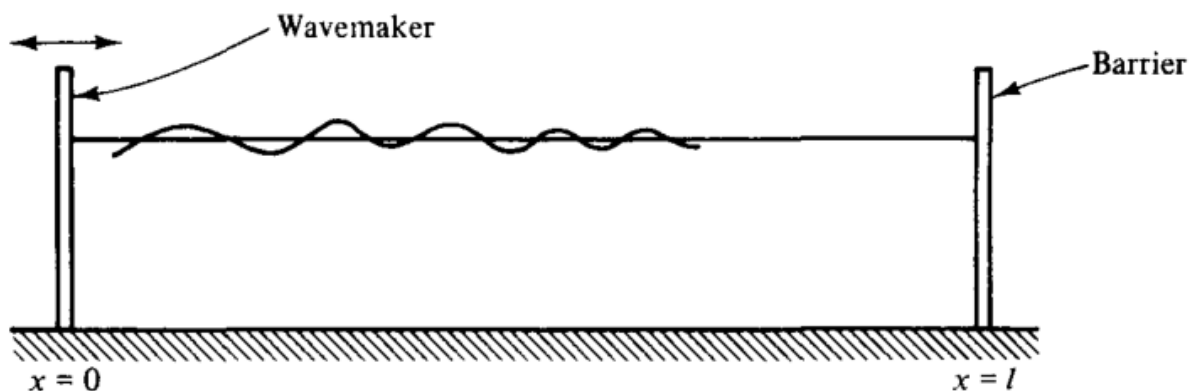
$$\eta = \frac{H_i}{2} e^{-\mu t} \cos(kx - \sigma t)$$

(a) Desenvolva uma expressão correspondente à acima para o sistema de ondas resultante de uma onda de altura H gerada no gerador de ondas, propagando-se (e sofrendo uma perda na altura da onda devido à viscosidade) até a barreira que está em $x = \ell$, refletindo de volta (coeficiente de reflexão = 1,0) e propagando-se de volta ao gerador de ondas. Não considere reflexões secundárias do gerador de ondas.

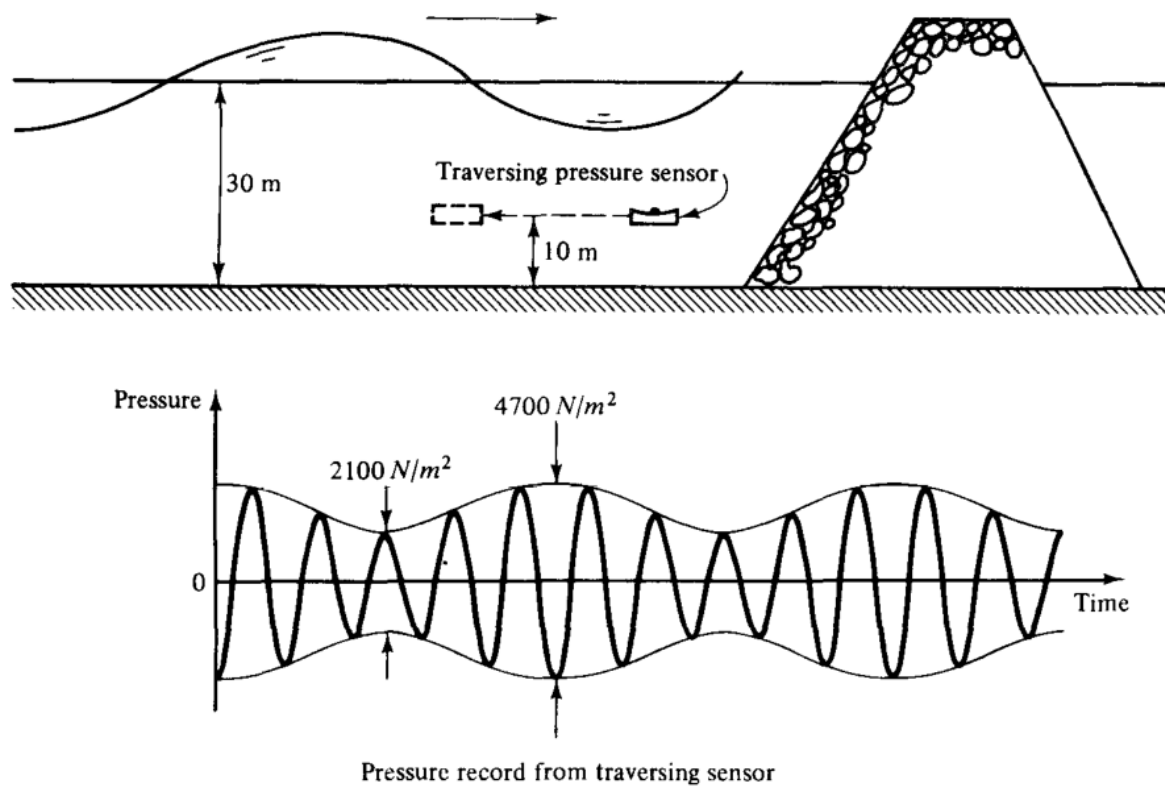
(b) Esboce um procedimento de laboratório para determinar o envelope de amplitude do sistema de ondas $|\eta|$.

(c) Mostre que:

$$|\eta| = \frac{H}{2} e^{-\mu t} \sqrt{2[\cos 2k(x - \ell) + \cosh 2\mu(x - \ell)]}$$



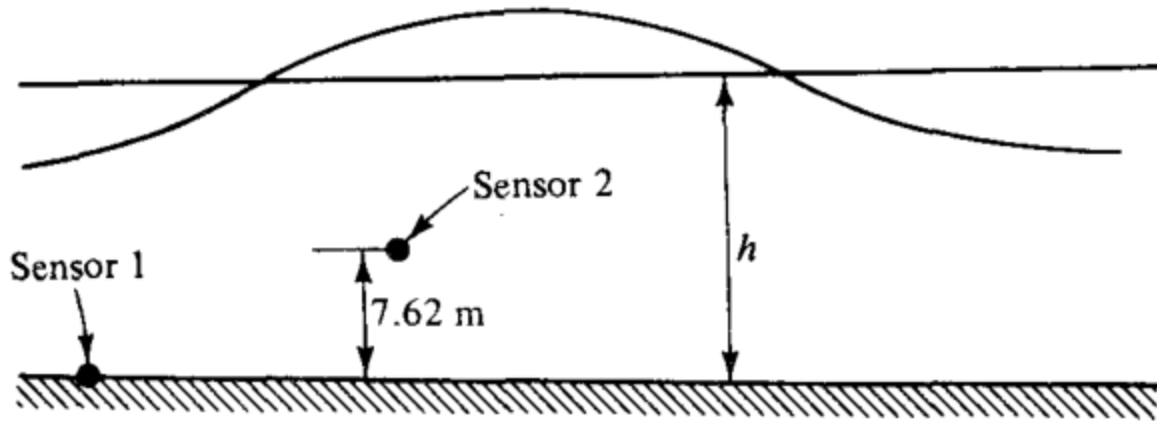
23 Uma onda de período de 10 s está se propagando em direção ao quebra-mar de enrocamento. O registro determinado pelo sensor de pressão MÓVEL é mostrado abaixo. Calcule a taxa (por metro de largura) de dissipação de energia pelo quebra-mar. A que distância de separação ocorrem os máximos de pressão?



24 Um problema importante no controle da erosão de praias é o afogamento (scour) em frente a paredes verticais devido a ondas refletidas. Assumindo reflexão perfeita de uma parede e condições de águas rasas, determine a profundidade de água resultante sob o nó mais próximo da parede, se a altura e o período da onda são conhecidos na parede. Assuma que a profundidade de afogamento de equilíbrio h é aquela para a qual a velocidade horizontal máxima no fundo é menor ou igual a 3 m/s.

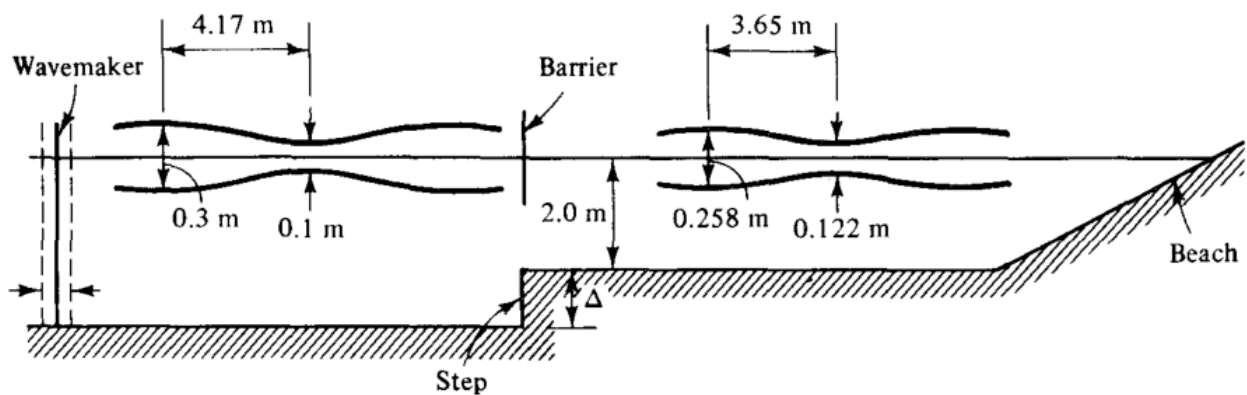
25 Para um grupo de ondas em águas profundas, determine o tempo para cada onda individual passar através do grupo e a distância percorrida pelo grupo durante esse tempo, se o espaçamento entre os nós do grupo é L_1 e o período da onda constituinte é T . Há n ondas no grupo.

26 Dois sensores de pressão estão localizados conforme mostrado no esboço. Para uma onda progressiva de 8 s, as amplitudes de pressão dinâmica nos sensores 1 e 2 são $2,07 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ e $2,56 \times 10^4 \text{ N/m}^2$, respectivamente. Quais são a profundidade da água, a altura da onda e o comprimento de onda?



27 Um experimento está sendo conduzido sobre a reflexão-transmissão de ondas pela combinação degrau-barreira mostrada no desenho a seguir. As características dos dois envelopes de onda são mostradas.

- (a) Qual é a altura Δ do degrau?
- (b) Há informações suficientes fornecidas para determinar se a energia é conservada no degrau-barreira?
- (c) Se a resposta à parte (b) for "não", quais informações adicionais são necessárias? Se a resposta à parte (b) for "sim", determine se ocorrem perdas de energia no degrau-barreira.



28 Um gerador de ondas axialmente simétrico está oscilando verticalmente na superfície livre, gerando ondas circulares que se propagam radialmente para fora. A alguma distância (digamos R_0) do gerador de ondas, as cristas são quase retas em uma curta distância e os resultados derivados para ondas planas podem ser considerados válidos para a cinemática e dinâmica das ondas em qualquer ponto. A altura da onda em R_0 é $H(R_0)$.

Deduza uma expressão para $H(r)$, onde $r > R_0$. (A profundidade é uniforme.)

29 Uma onda com as seguintes características de águas profundas está se propagando em direção à costa:

$$H_0 = 1 \text{ m}$$
$$T = 15 \text{ s}$$

Em um local específico próximo à costa (profundidade = 5 m), um diagrama de refração indica que o espaçamento entre ortogonais é metade do espaçamento em águas profundas.

(a) Encontre a altura e o comprimento de onda no local próximo à costa.

(b) Assumindo que não há refração de onda, mas com as mesmas informações de águas profundas da parte (a), e que a onda irá arrebentar quando a razão H/h atingir 0,8, em que profundidade a onda arrebenta?

30 Uma onda com as seguintes características de águas profundas está se propagando em direção à costa em uma área onde os contornos do fundo são todos retos e paralelos à linha de costa:

$$H_0 = 3 \text{ m}$$
$$T = 10 \text{ s}$$

O fundo é composto por areia de diâmetro 0,1 mm. Se uma velocidade da partícula de água de 30 cm/s é necessária para iniciar o movimento do sedimento, qual é a maior profundidade em que o movimento do sedimento pode ocorrer?

31 Para o sistema de ondas formado pelos dois componentes de onda progressiva:

$$\eta_t = \frac{H_t}{2} \cos(kx - \sigma t + \epsilon_t)$$
$$\eta_r = \frac{H_r}{2} \cos(kx + \sigma t - \epsilon_r)$$

deduza a expressão para a taxa média de propagação de energia na direção +x.

32 Desenvolva um método experimental para determinar o desvio na fase ϵ incorrido por uma onda que reflete parcialmente de uma barreira.

33 Desenvolva uma equação para a altura da onda transmitida atrás de uma parede vertical que se estende a uma profundidade d na água de profundidade h , baseada no conceito de que a parede permite que toda a potência da onda abaixo da profundidade d se propague (Wiegel, 1960). Qualitativamente, você acredita que sua equação para a altura da onda transmitida subestimaria ou superestimaria o valor real? Discuta suas razões.

34 Qual é a razão física pela qual a pressão é hidrostática sob os nós de uma onda estacionária (em primeira ordem – ou seja no limite linear da altura da onda)?

35 Considere um tratamento intuitivo para a soma de uma onda incidente de altura H_t e uma onda refletida de altura H_r e mostre que o mesmo envelope resulta conforme determinado no texto. Represente a onda incidente como dois componentes: um de altura H_t e o segundo como $H_t - H_r$. Agora, a combinação do primeiro componente incidente com o refletido produz uma onda estacionária pura e o segundo componente incidente é uma onda progressiva pura. Basta adicionar os envelopes para os sistemas de onda estacionária e progressiva puros.

36 Desenvolva o fator de resposta de pressão integrando a equação de movimento linearizada de alguma elevação arbitrária z até a superfície livre $z = \eta$.

37 Usando como critério de arrebetamento que a velocidade horizontal da partícula de água na crista da onda excede a celeridade da onda, determine os critérios de arrebetamento para águas profundas e rasas. Por que o último difere daquele de McCowan?