

PROBLEMA 1 (40 pontos) –

Ondas “Seiches”

Ondas estacionárias são um fenômeno comum no mundo em que vivemos. Muitos exemplos acontecem no do dia-a-dia: ondas eletromagnéticas num forno de microondas; ondas sonoras em instrumentos musicais, ondas mecânicas em superfícies de piscinas, lagos e oceanos. Um fenômeno ondulatório muito interessante acontece na superfície de lagos, a formação de ondas estacionárias denominadas de “Seiches” que são geradas devido a perturbações como oscilações sísmicas e ventos. Fenômeno similar ao que acontece num lago pode ser observado num tanque quando cheio. Ondas estacionárias se formam devido a um pequeno transbordamento de água. Um modelo simples para a compreensão deste fenômeno pode ser feito considerando um reservatório de seção retangular, comprimento L , com altura inicial para o nível de água $h(h \ll L)$, e profundidade total b . Este modelo será utilizado no desenvolvimento dos itens a seguir.

- a) **(10 pontos)** Imagine que em algum instante o nível da água nas extremidades do reservatório é $\pm y_0$ em relação ao nível normal, devido a uma pequena oscilação no nível, sendo que a superfície do líquido permaneça plana. Calcule o incremento da energia potencial gravitacional de toda a massa de água (cuja densidade será considerada como ρ).
- b) **(10 pontos)** Após iniciada a perturbação no nível, suponha que o escoamento da água seja predominantemente na horizontal, e que sua velocidade v deve variar com x (sendo esta a variável utilizada para representar este eixo horizontal). Admita que a água seja um fluido incompressível e que $y_0 \ll h$. Calcule a velocidade de escoamento em função de x (distância em relação ao centro do tanque) e da taxa de mudança dy_0/dt da altura da superfície da água em um ponto x qualquer.
- c) **(10 pontos)** Calcule a energia cinética total associada ao movimento horizontal da água.
- d) **(5 pontos)** Mostre que o movimento da água no reservatório é um MHS(movimento harmônico simples) e calcule o período de oscilação deste para o modelo proposto.
- e) **(5 pontos)** O lago de Genebra(na Suíça) pode ser tratado como um tanque regular de água de aproximadamente 70 km de comprimento e profundidade média de aproximadamente 150 m. O período de uma onda “Seiche” observada no lago foi medida em aproximadamente 73 min. Compare este valor com o resultado obtido usando o modelo desenvolvido.

PROBLEMA 2 (30 pontos)

Radiação Cherenkov

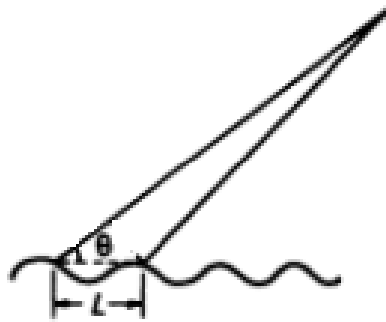
Um feixe de partículas de alta energia emite radiação eletromagnética quando estas se movem num meio (que não seja o vácuo) com velocidade maior que a velocidade da luz. Esta radiação é conhecida como radiação Cherenkov. Isto só é possível porque neste meio a velocidade da luz é limitada pelo seu índice de refração n .

- a) (10 pontos) Derive a relação entre a velocidade da partícula $v = \beta c$ (c é a velocidade da luz no vácuo), o índice de refração do meio n e o ângulo θ , que relaciona a direção da trajetória da partícula com a direção que a radiação eletromagnética é emitida.
- b) (10 pontos) Hidrogênio gasoso a pressão de uma atmosfera e a 20°C tem um índice de refração $n = 1 + 1,35 \times 10^{-4}$. Calcule qual o valor da energia cinética mínima (em MeV) para que um elétron (massa de repouso de $0,5 \text{ MeV}/c^2$) emita radiação Cherenkov ao atravessar um meio com estas características.
- c) (10 pontos) Um detector de partículas baseado no efeito Cherenkov foi construído a partir de um tubo longo, preenchido com gás Hidrogênio a uma atmosfera e a 20°C e com um sistema óptico que detecte radiação, e que seja capaz de medir o ângulo de emissão (com relação ao eixo do tubo) com uma precisão de $\delta\theta = 10^{-3}$ rad. Um feixe de partículas carregadas com momento de $100 \text{ GeV}/c$ atravessa o detector. Desde que o momento é conhecido, o ângulo de emissão da radiação de Cherenkov é de fato uma medida da massa de repouso da partícula m_0 . Para partículas com m_0 da ordem de $1 \text{ GeV}/c^2$, qual é o erro relativo na medida da massa de repouso neste particular detector, considerando nas suas estimativas apenas grandezas na aproximação de 1ª ordem.

PROBLEMA 3 (30 pontos)

Movimento de uma partícula numa superfície metálica ondulada.

Uma partícula carregada é forçada a movimenta-se com velocidade v sobre uma superfície metálica ondulada (conforme indicado na figura abaixo). A ondulação esta alinhada com a direção horizontal x (considere para o movimento da partícula que $y=y_0$ e que $z=0$, com ambos fixos). A ondulação ao longo da direção x tem periodicidade L . Um observador situado no plano $z=0$ e muito distante do plano consegue detectar radiação eletromagnética resultante do movimento da partícula carregada em um ângulo θ (é o ângulo entre a direção de movimento da partícula em relação ao observador).



- (10 pontos)** Em qual dos pontos da ondulação a partícula emite maior intensidade de radiação? Justifique e mostre a partir de diagramas.
- (10 pontos)** Qual o comprimento de onda λ da radiação detectada pelo observador no ângulo θ devido a interferência entre campos eletromagnéticos? Use os conceitos do item a).
- (10 pontos)** Obtenha o resultado do item b) considerando o efeito do surgimento de uma carga imagem sobre a superfície do metal, resultado num dipolo que oscila com uma frequência $f_0 = v/L$.