Lista Foice 1

Vinicius Névoa

Questão 1) Um circuito consiste de uma fonte de tensão da forma $\boldsymbol{V\cos\omega t}$ em série com um interruptor S, um resistor **R** e um indutor ideal **L.** Esse circuito faz parte do sistema elétrico de uma guitarra, e portanto é esperado que não possua correntes transientes que mudem o som almejado pelo guitarrista. Para realizar isso, a guitarra possui um mecanismo que fecha o interruptor S um certo tempo Δt após a fonte de tensão ser ativada em t=0. Esboce um diagrama de fasores que representa o que acontece em cada item.

a) Ache Δt em função dos parâmetros do problema para gerar um som limpo. Qual a tensão da fonte nesse instante?

b) Um defeito na soldagem dos componentes dessa guitarra faz com que haja uma resistência adicional imprevista **r** nesse circuito. Ache a intensidade da corrente transiente que surge em função disso quando S é fechado. Qual o valor da indutância a ser adicionada para corrigir esse defeito (não se preocupe em mudar a amplitude da corrente)?

Questão 2) Uma partícula relativística de massa **M** e velocidade **V** em relação ao sistema do laboratório decai espontaneamente em duas partículas de massas $\mathbf{m_1}$ e $\mathbf{m_2}$. Ache a distribuição de angular de uma delas em função dos parametros em negrito e constantes da natureza. *Nota: a distribuição angular é a função* $\Omega(\varphi)$ *que diz a probabilidade dela emergir com um certo ângulo* φ *em relação a direção de* ***V.***

Questão 3) Considere uma certa massa de vapor de água inicialmente saturado confinado em uma caixa cúbica de lado ***L*** com um pistão móvel sem fricção, com pressão inicial $\mathbf{P_0}$ e temperatura $\mathbf{T_0}$.

a) Caso as paredes da caixa sejam adiatérmicas, prove que há condensação de parte do vapor se o pistão for puxado quasistaticamente e valer que:

$$c_{p,liq} + T\frac{d}{dT}\left(\frac{L}{T}\right) < 0$$

b) Satisfeita a desigualdade anterior, ache a massa m(t) de vapor condensado se o pistão é puxado com velocidade constante **v** (muito menor que a do som no gás para toda pressão e temperatura ao longo do processo)

c) Caso as paredes da caixa sejam de um material perfeitamente condutor de calor, ache novamente m(t). Considere o vapor um gás ideal.

Questão 4) Durante a segunda guerra mundial, físicos alemães eram capazes de determinar o clima em Londres através do sino do relógio Big Ben ouvido pelos rádios. Eles faziam uma engenharia reversa na forma como a névoa afetava o som, e vamos estudar isso de forma simplificada aqui. Considere que haja **N** gotículas de densidade $\boldsymbol{\rho}$ **,** calor específico **c** e raio **a** por unidade de volume. Usaremos aqui números complexos, e para qualquer um deles a quantidade física correspondente é a sua parte real. Assim, por essa névoa viaja uma onda sonora plana $\boldsymbol{U_0 e^{i(kx+\omega t)}}$

Absorção viscosa

a) Suponha que, ao ser empurrada pelo som, as gotículas sofram uma força de resistência dada pela lei de Stokes $F = 6\pi\eta a v$. Escreva a equação de movimento da gotícula e ache a fração da potência sonora média perdida por esse processo por unidade de volume.

Absorção térmica

b) Como a condutividade térmica da água é muito maior que a do ar, suponha que a temperatura da gota é uniforme. Escreva a equação de condução de calor no espaço fora da gota (atenção: você vai precisar do termo não estacionário) e resolva, considerando a temperatura no infinito $\boldsymbol{T_\infty}$ e a temperatura da gota $T_g(t)$.

   A equação achada é trivial, faça uma analogia eletrostática direta com uma esfera uniformemente carregada se não quiser fazer nenhuma conta.

c) Em frequências audíveis, as ondas sonoras se propagam de forma adiabática, isto é, um certo volume de ar não troca calor com suas vizinhanças enquanto ele é perturbado pela onda. Escreva a onda sonora em termos da sua amplitude de pressão $\boldsymbol{P(t) = Pe^{i\omega t}}$ e ache $\boldsymbol{T_\infty(t)}$**.** Chame de T_0 e P_0 a temperatura e pressão de equilíbrio, respectivamente.

d) Agora, resolva para a função T(r) que representa a temperatura fora da gota. Quando a condução de calor tenta desfazer a distribuição de temperatura original da onda, essa energia térmica em fluxo vem da energia mecânica do som, fazendo que esse seja atenuado. Agora, uma ajudinha; a potência dissipada em todo o espaço vale:

$$P_{dissipada} = -\frac{k}{T_0} N \left\langle \int_a^\infty \nabla T \cdot \nabla T \, dV \right\rangle$$

Calcule a fração da potência acústica média dissipada termicamente por unidade de volume.

Essa absorção faz a amplitude da onda sonora decair exponencialmente, da forma $e^{-\alpha x}$, em que $\alpha = \frac{P_{viscosa}}{2v} + \frac{P_{térmica}}{2v}$. A velocidade do som pela névoa pode ser calculada usando que a densidade efetiva do meio é a média ponderada da densidade do ar e da água e o índice adiabático efetivo é obtido dividindo-se a média ponderada dos calores específicos.

$$v = \sqrt{\bar{\gamma}\frac{P_0}{\bar{\rho}}}$$

Conhecendo a distância do Big Ben até a estação de rádio que fazia o *broadcasting* matinal, os alemães mediam a atenuação do som das badaladas e extraiam parametros como a concentração da névoa sobre Londres, as famosas *fogs* que muitas vezes impediam os bombardeios nazistas. Para o modelo (básico) ficar completo, basta relacionar a pressão de vapor de saturação com a temperatura e determinar o raio de equilíbrio das gotículas em função da tensão superficial da água.

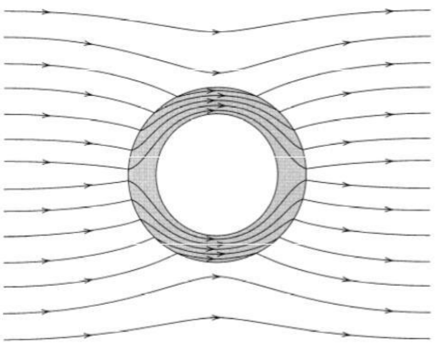
A partir daí, são três equações (em vermelho) e três incógnitas (N, ρ e T_0)

Questão 5) Um circuito simples é composto de uma indutância **L** muito pequena em série com um interruptor e uma fonte de tensão DC. Contudo, esse interruptor, quando no processo de fechamento ou abertura, fornece uma capacitância parasita dada por $C = \beta x$, em que x é a distância entre os seus terminais. Um cientista quer estudar a formação de ondas eletromagnéticas durante o fechamento desse interruptor, e para isso ele conecta o circuito a uma antena acoplada a um guia de onda de seção retangular de lados **a** e **b,** que conduz a onda gerada até o detector. Qual a velocidade máxima com a qual o interruptor pode ser fechado sem abortar a detecção de ondas eletromagnéticas? Considere que a indutância é suficientemente pequena.

Questão 6) Calcule o desvio para o leste em relação a vertical local de um corpo que cai do topo de uma torre de altura **H** em uma latidude θ por causa da força de Coriolis. A gravidade vale **g**.

Questão 7) Um dipolo magnético **m** cai livremente através de um tubo cilíndrico metálico de comprimento **L,** espessura **e**, raio interno **R** e condutividade $\boldsymbol{\sigma}$**.** Sendo **M** a massa do dipolo e **g** a gravidade local, ache o tempo que leva para o dipolo cair através do tubo se ele parte do repouso em uma das extremidades. Considere que a espessura é muito menor que o raio R e que a dimensão do dipolo é muito menor que R. Caso precise, deixe seu resultado em função de uma integral.

Questão 8) Para blindar o efeito de campos magnéticos externos, usa-se uma casca esférica de uma material linear de permeabilidade alta $\boldsymbol{\mu}$, raio interno **a** e raio externo **b**, como na figura. Não há termo de ordem superior ao dipolar presente. Justifique a última frase e ache o campo B dentro da cavidade (r<a), em função de $\mathbf{B}_{\mathbf{externo}}$, $\boldsymbol{\mu}$**,** **a** e **b.**



Questão 9) Vamos investigar um aparente paradoxo. Uma moeda de massa **m** e raio **R** cai no chão e começa aquela típica “dança” em que a moeda se inclina em relação ao chão por um certo ângulo $\boldsymbol{\alpha}$ e seu ponto de contato traça um círculo sem deslizar. Considere que o centro de massa está em repouso:

a) Calcule a velocidade angular com que o ponto de contato traça seu movimento circular na mesa.

A medida que a energia vai sendo dissipada, o som vai ficando mais agudo, uma vez que a velocidade angular acima diverge em $\alpha = 0$. Mas se a energia está sendo dissipada, como há uma velocidade angular aumentando arbitrariamente?

b) Calcule a energia total do sistema em função de α e explique o que está acontecendo.

Questão 10) Prove que quando se acelera a partir do repouso com uma aceleração constante, existe um ponto no espaço do qual você nunca se distância quando medido do seu referencial acelerado. Prove também que o evento que estava ocorrendo nessa ponto do espaço no instante em que você deu largada (e.g: uma explosão) dura uma eternidade quando visto por você.

Pelo princípio da equivalência, estar aqui na Terra sob um campo gravitacional g causa o mesmo efeito. A que distância esse ponto está de nós?