

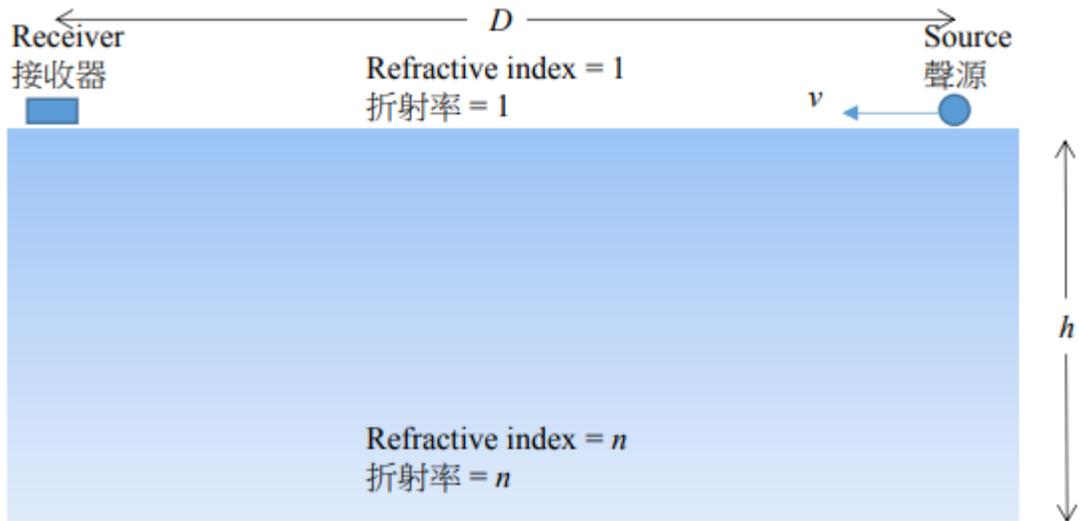
Lista 01

Paulo Kitayama

2018

1 Doppler e Batimento

Em uma região onde o oceano tem uma profundidade constante de h , uma fonte de som emite uma onda sonora com frequência f . Suponha que a frequência seja tão alta que as ondas sonoras possam ser tratadas como raios, e índice de refração da água para ondas sonoras é n . Deixe a velocidade do som no ar ser c . A fonte é movendo-se com velocidade horizontal constante $v < c$ para um receptor estacionário à distância D , ambos localizado logo acima da superfície do oceano, como mostrado na figura. Também é assumido que a velocidade é pequena o suficiente para que $\frac{D}{v} \gg \tau$ onde $\tau \gg \frac{1}{f}$ é o tempo de observação. Suponha que podemos ignorar a reflexão pela superfície do oceano e considerar apenas a reflexão pelo fundo do oceano.



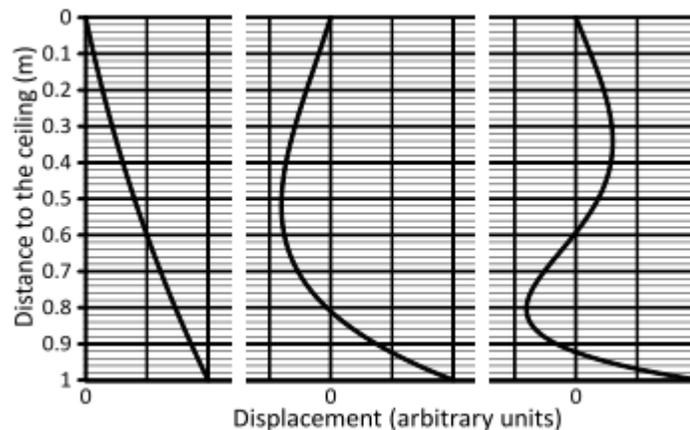
Expresse suas respostas de (a) a (c) em função de c, f, n e v .

a) Encontre a frequência do som chegando no receptor pelo ar.

- b) Encontre a frequência do som que chega ao receptor pelo oceano quando $D = 2h$.
- c) Encontre a frequência instantânea de batimento quando as ondas sonoras em (b) alcançam o receptor.

2 Hanging String

Uma corda uniforme de comprimento L é suspensa verticalmente do teto. A corda pode oscilar em torno da sua posição de equilíbrio com diferentes frequências naturais, que serão indicadas por f_i ($i = 1, 2, \dots$) em ordem crescente. A figura abaixo apresenta a forma da corda nos três primeiros naturais vibrações, obtidas por simulação computacional. Nota que as escalas horizontal e vertical nas figuras não são iguais. Você pode assumir que o deslocamento lateral real da corda é muito menor do que seu comprimento (pequena amplitude aproximação).



- a) Desenvolva um modelo simplificado, que permitirá que você estime a primeira frequência fundamental f_1 da corda. Logo, calcule aproximadamente f_1 para uma corda de comprimento $L = 1.0m$. Assuma que $g = 9.8m/s^2$.
- b) Tome as medidas necessárias da figura para estimar a razão entre as frequências $f_1 : f_2 : f_3$.

3 Efeito Doppler Transversal

Em um plano xy , uma fonte de luz que se move com velocidade v em relação ao referencial do laboratório emite pulsos a uma frequência f' no próprio referencial (S'). Encontre a relação entre a frequência recebida por um observador no referencial S e a emitida pela fonte em um y diferente no caso em que:

- a) A fonte se aproxima da posição em x do observador.
- b) A fonte se afasta da posição em x do observador.

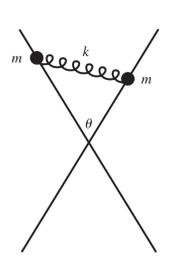
4 Modos Normais

Encontre as frequências dos modos normais de oscilação dos sistemas:

a)



b)



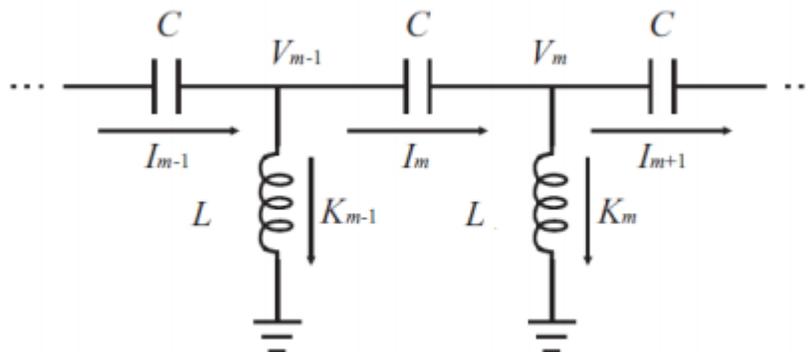
5 Polarização

a) Sabendo que a densidade de energia do campo elétrico é $u = \epsilon_0 \frac{E^2}{2}$ e do campo magnético $u = \frac{B^2}{2\mu_0}$, encontre a intensidade (Vetor de Poynting médio) de uma onda eletromagnética de amplitude E_0 .

b) Um feixe luminoso de polarização linear passa por um polarizador que faz um ângulo $0 < \alpha < \pi/2$ com a direção inicial. Encontre a relação da intensidade após passar pelo polarizador e a intensidade inicial.

6 Índice de Refração Negativo

Para uma onda com equação $A = A_o \cos(kx - \omega t)$, onde $\omega = ck$, c é a velocidade da onda. Para materiais comuns, c é quase constante, então k cresce com ω . No entanto, para alguns materiais artificiais, c é uma função forte de ω , tão forte que k decresce com ω . Tal fenômeno é chamado Refração Negativa. É como ter um índice de refração negativo. Considere um circuito infinito consistindo de capacitores e indutores, sendo o comprimento de cada segmento LC igual a a .



- Encontre a equação que relaciona $V_{m-1}(t)$, $V_m(t)$, e $V_{m+1}(t)$.
- Assuma uma solução no formato de onda ($A = A_o e^{i(\omega t - kx)}$), encontre a relação entre ω e k .
- A resposta de (b) indica Refração Negativa.

7 Rádio

Um detector de ondas de rádio em um observatório radioastronômico é colocado na praia do mar na altura $h = 2m$ acima do nível do mar. Após o surgimento de uma estrela, irradiando ondas eletromagnéticas de comprimento de onda $\lambda = 21cm$, acima do horizonte o detector registra séries de máximos e mínimos alternados. O sinal registrado é proporcional à intensidade do sinal detectado. ondas. O detector registra ondas com vetor campo elétrico, vibrando em uma direção paralela à superfície do mar.

- Determine o ângulo entre a estrela e o horizonte no momento em que o detector registra máximos e mínimos (forma geral).

b) O sinal cresce ou decresce logo após o surgimento da estrela?

c) Determine a razão entre o primeiro máximo e o próximo mínimo. Na reflexão da onda eletromagnética na superfícies da água, a razão entre as intensidades do campo elétrico da onda refletida (E_r) e incidente (E_i) segue o seguinte:

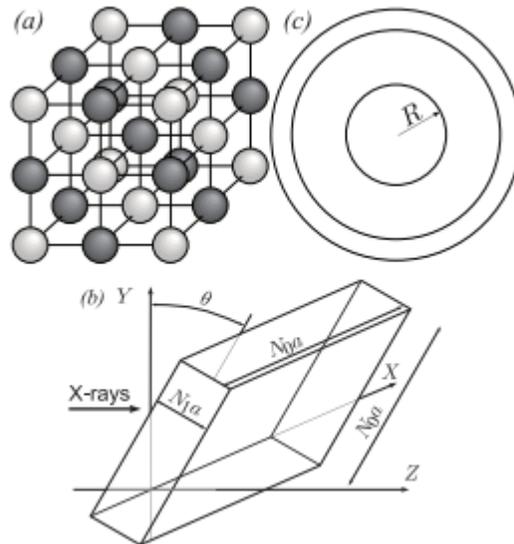
$$\frac{E_r}{E_i} = \frac{n - \cos \varphi}{n + \cos \varphi}$$

Onde n é o índice de refração e φ é o ângulo de incidência da onda. Para a superfície "ar-água" para $\lambda = 21\text{cm}$, o índice de refração $n = 9$.

d) A razão entre as intensidades de máximos e mínimos consecutivos aumenta ou diminui com a ascensão da estrela? Assuma que a superfície do mar é plana.

8 Raios-X

Queremos estudar a difração de raios X por uma estrutura cristalina cúbica (ver figura a). Para fazer isso, começamos com a difração de uma onda plana monocromática que incide perpendicularmente em uma grade bidimensional que consiste em fendas $N_1 \times N_2$ com separações d_1 e d_2 . O padrão de difração é observado em uma tela a uma distância L da grade. A tela é paralela à grade e L é muito maior que d_1 e d_2 .



a) Determine a posição e largura do máximo principal na tela. A largura é definida como a distância entre os mínimos de cada lado dos máximos.

b) Consideramos agora um cristal cúbico, com espaçamento da estrutura de tamanho $N_0a \times N_0a \times N_1a$, onde $N_1 \ll N_0$. O cristal é colocado em um feixe de raios X paralelo ao longo do eixo z em um ângulo θ (ver Fig. B). O padrão de difração é novamente observado em uma tela a uma grande distância L N_0a do cristal. Calcule a posição e largura dos máximos em função do ângulo θ para $\theta \gg 1$. Quais são, em particular, as consequências do fato que $N_1 \ll N_0$

c) O padrão de difração também pode ser derivado por meio da Teoria de Bragg, na qual se supõe que os raios X são refletidos em planos atômicos na rede. O padrão de difração então surge da interferência desses raios refletidos com cada de outros. Mostre que esta assim chamada reflexão de Bragg produz as mesmas condições para os máximos que foram encontradas em (b).

d) Em algumas medições, o chamado método de pó é empregado. Um feixe de raios-X é espalhado por um pó de muitos, pequenos cristais (claro que os tamanhos dos cristais são muito maiores que o espaçamento da rede, a.) A dispersão de raios-X de comprimento de onda $\lambda = 0.15nm$ por cloreto de potássio [KCl] (que tem uma estrutura cúbica, veja a Fig. a) resulta na produção de círculos em uma placa fotográfica. A distância entre os cristais e a placa é $L = 0,10m$ e o raio do menor círculo é $R = 0,053m$. (veja a figura c). Íons K^+ e Cl^- têm quase o mesmo tamanho e eles podem ser tratados como dispersão idêntica Centros Calcule a distância entre dois íons K^+ vizinhos no cristal.

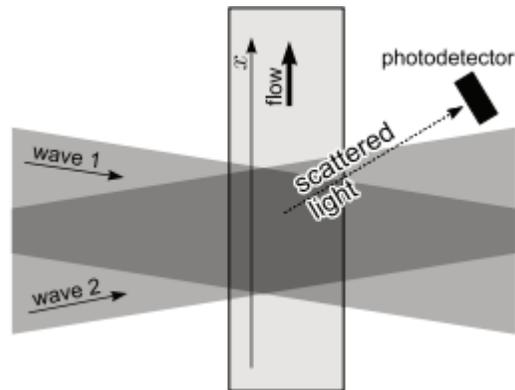
9 Anemômetro com laser

Anemômetro é um dispositivo que mede a taxa de fluxo de um gás ou um fluido. Vamos olhar a construção de um simples laseranemômetro. Em um tubo retangular com finas paredes de vidro flui um fluido (índice de refração $n = 1,3$), que contém luz dissipadora partículas. Duas ondas planas coerentes com comprimento de onda $\lambda = 515nm$ e ângulo $\alpha = 4^\circ$ entre seus vetores de onda, incidem em uma placa de modo que (1) a bissetriz ângulo do ângulo entre os vetores de onda é normal para uma parede do tubo e (2) o tubo é paralelo ao plano definido pelos vetores de onda. Atrás o tubo é um fotodetector, que mede a frequência de mudanças na intensidade da luz dissipada.

a) Quanto tempo é o período (espacial) δ do padrão de interferência criado ao longo do eixo x (veja a figura)?

b) Deixe a frequência de oscilação do sinal do fotômetro ser $\nu = 50kHz$. Quão grande é a velocidade do fluido v ? O que pode ser dito sobre a direção do fluxo de fluido?

c) Vamos considerar uma situação, na qual os comprimentos de onda das ondas planas diferem por $\delta\lambda = 4,4\text{fm}$ ($1\text{fm} = 10^{-15}\text{m}$). Qual é a frequência de oscilações de sinal agora (a velocidade do fluido é a mesma como na seção anterior)? É possível determinar o fluxo direção com tal dispositivo?



10 Raio de Elétron

Uma voltagem de aceleração V_0 produz um raio de elétrons energéticos paralelo e uniforme. Os elétrons passam por um fio de cobre fino, longo, positivamente carregado, posicionado perpendicular à direção original do raio, como mostrado na figura. b é a distância pela qual um elétron passaria o fio se esse estivesse descarregado. Os elétrons então avançam para uma tela (anteparo de visão) a distância L ($\gg b$) além do fio, como mostrado. O raio inicialmente se estende a distâncias $\pm b_{max}$ em relação ao eixo do fio. Tanto o tamanho do raio quanto o comprimento do fio podem ser considerados infinitos na direção perpendicular à do papel.

Alguns dados que podem ser úteis:

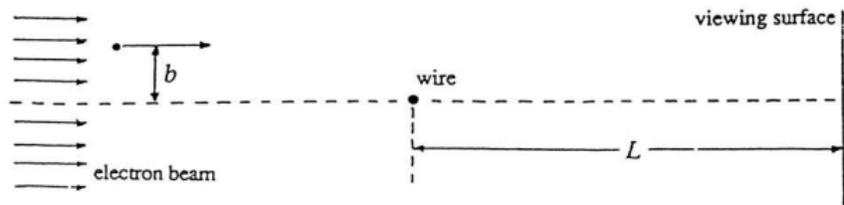
$$\text{Raio do fio} = r_0 = 10^{-6}\text{m}$$

$$\text{Valor máximo de } b = b_{max} = 10^{-4}\text{m}$$

$$\text{Carga elétrica por unidade de volume do fio} = q - \text{linear} = 4,4 \times 10^{-11}\text{Cm}^{-1}$$

$$\text{Voltagem de aceleração} = V_0 = 2 \times 10^4\text{V}$$

$$\text{Distância do fio ao anteparo} = L = 0,3\text{m}$$



A Física Quântica prevê uma grande diferença na distribuição de intensidade (em relação ao previsto por física clássica). Esboçe o padrão para a previsão quântica e provenha detalhes quantitativos.

11 π

Encontre a diferença de fase entre o feixe refletido e o feixe transmitido em uma superfície semirrefletora a partir de um interferômetro de Fabri-Perrot.