

Campeonato de Física 2021

Gabriel Telles

26 de Julho

Problema 4 - Grupo B

Tubos Sonoros

Neste problema você irá estimar a velocidade do som por meio da ressonância de um tubo sonoro fechado. Dois experimentos diferentes serão conduzidos. O primeiro trabalha com harmônicos diferentes para uma mesma frequência, enquanto o segundo estuda a dependência da frequência fundamental com o comprimento do tubo. Atente-se ao fato de que todos os dados coletados e calculados devem ser apresentados com as respectivas incertezas, além de algarismos significativos coerentes. Lembre-se que a incerteza final deve incluir a incerteza estatística e a incerteza sistemática. Todos os detalhes serão avaliados, portanto capriche!

Preparação teórica

Previsão inicial. Deduza a fórmula para a velocidade do som no ar v em função da temperatura ambiente T e das constantes físicas necessárias. Considere para a sua dedução que as expansões e compressões de uma onda sonora são processos adiabáticos. Com isso, faça uma previsão teórica do valor da velocidade do som no ambiente em que você está realizando o experimento.

Explorando Harmônicos. Para um tubo sonoro fechado de comprimento L , deduza a expressão para a frequência f do n -ésimo harmônico. Quais harmônicos são permitidos em um tubo fechado? Qual é a frequência de vibração fundamental do ar no tubo?

Correção de borda. Diferentemente do que se assume nas hipóteses teóricas, o ar imediatamente fora da abertura do tubo também participa das oscilações sonoras. Isso tem o efeito de aumentar o comprimento efetivo do tubo sonoro, na forma $L \rightarrow L + \Delta L$. Para um cilindro, considere $\Delta L = 0.31D$, em que D é o diâmetro interno do tubo. Reescreva a expressão para a frequência do n -ésimo harmônico com a correção de borda para o comprimento do tubo.

Montagem experimental

Materiais. É necessário um recipiente cilíndrico para servir de tubo sonoro. Idealmente o tubo deve ser transparente para facilitar as medidas de profundidade, mas isso não é um requisito. Uma possibilidade é utilizar um copo cilíndrico, um balde pequeno ou até uma caneca. Note que a apenas a região interna e superior do recipiente precisa ser cilíndrica. A parte externa ou a base do recipiente podem tomar outros formatos.

Serão necessários uma régua, trena ou fita métrica para medidas de comprimento e um celular com fones de ouvido para produção de sons de frequência pura. Recomenda-se o aplicativo gratuito *Physics Toolbox Sensor Suite*. Para gerar os sons necessários, vá à aba *Gerador de Tons* e escolha a frequência desejada, com a opção de "onda sinusoidal".

Fotografe os materiais (exceto o celular, claro) e indique as dimensões do tubo. Tenha disponível também água para variar o comprimento da coluna de ar dentro do tubo sonoro.

Harmônicos

Coleta de dados. Preencha o tubo sonoro com um pouco de água e meça a profundidade da coluna de ar. Pendure os fones de ouvido na boca do tubo (cuidado para não molhá-los!) e ligue o gerador de tons até atingir a frequência fundamental do tubo fechado, com o ouvido próximo à entrada do tubo. Esta será perceptível pela grande intensidade sonora. Mude a frequência no gerador de tons até atingir mais harmônicos e anote os valores numa tabela. O número de harmônicos medidos fica a seu critério. Como foi estimada a incerteza na frequência?

Análise de dados. De posse da tabela, faça um gráfico da frequência em função do harmônico. Descubra a reta que melhor se encaixa ao conjunto de pontos realizando uma regressão linear. A partir dos coeficientes dessa reta, estime a velocidade do som no ar.

Brincando com água

Coleta de dados. Agora, trabalharemos apenas com a frequência fundamental. Varie a altura da coluna de ar no tubo e identifique a frequência associada pelo mesmo método do item anterior. Anote os valores numa tabela. O intervalo de valores e o número de medidas ficam a seu critério. Como você sabe que a frequência encontrada é a fundamental e não um harmônico superior?

Análise de dados. De posse da tabela, faça um gráfico da frequência em função do comprimento do tubo L . Descubra a reta que melhor se encaixa ao conjunto de pontos realizando uma regressão linear. A partir dos coeficientes dessa reta, estime a velocidade do som no ar.

Conclusão

Reflexão. Qual dos experimentos gerou uma estimativa da velocidade do som mais precisa? E a mais exata? Liste possíveis causas para eventuais discrepâncias entre a previsão teórica e o valor experimental.

Combinação das medidas. Com base nas duas estimativas da velocidade do som e suas respectivas incertezas, como você poderia combiná-las para chegar a uma melhor estimativa? Essa combinação dá maior importância à medida mais precisa? Compare essa nova estimativa com o valor previsto teoricamente.