



Guia do Professor

Experimento



As Ondas Sonoras – Ressonância em tubos cilíndricos fechados em uma extremidade

Caro Professor(a),

Esse guia visa apresentar o experimento produzido para trabalhar com a temática “Ondas Sonoras”, assim como todos os outros recursos elaborados para trabalhar com essa temática, os respectivos conteúdos abordados em cada um deles e links e bibliografias pertinentes.

É importante mencionar que a utilização desses materiais deve seguir a sua concepção de ensino e aprendizagem. No entanto, de maneira geral, eles foram produzidos visando motivar o aluno a questionar e refletir sobre o tema em questão, através de situações problematizadoras, em contextos curiosos e instigantes para o aluno do Ensino Médio, possibilitando o aprendizado de uma ciência mais contextualizada, com implicações tecnológicas e sociais.

- Mídias desenvolvidas sobre o tema “Ondas Sonoras”:

Para trabalhar com esse tema, foram desenvolvidas três mídias, que apesar de estarem publicadas separadamente, poderão ser todas baixadas do Portal do Professor para a sua máquina:

1. Vídeo – Ondas Sonoras;
2. Áudio – Se o som de um carro aciona o alarme de outro carro, pode o som quebrar uma taça ou um jarro?;
3. Experimento – As Ondas Sonoras – Ressonância em tubos cilíndricos fechados em uma extremidade.

A seguir apresentaremos um quadro com os detalhes dessas mídias.

| Mídias | Comentários |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vídeo | O vídeo produzido lança um desafio às equipes de curiosos: a partir de um kit com vários materiais, construir um instrumento musical simples. |

| | |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>A missão das equipes é tocar uma melodia qualquer com esse instrumento, combinando diferentes notas musicais.</p> <p>O objetivo não é exatamente tocar uma música, mas sim perceber algumas propriedades naturais das ondas sonoras.</p> |
| Áudio | <p>Esta atividade aborda o conceito de ondas sonoras a partir da seguinte questão problematizadora: Se o som de um carro aciona o alarme de outro carro, pode o som quebrar uma taça ou um jarro?</p> <p>Na parte 1, os personagens da trama vivenciam uma experiência que discute a possibilidade de um som com grande intensidade disparar o alarme de um carro estacionado. Aborda-se a idéia de que a onda se propaga e interage com outros meio elásticos. No caso da ressonância, explicitado com a quebra da taça, enfoca-se a frequência de vibração natural dos objetos.</p> <p>Na parte 2, a personagem Carol Carolina faz uma comunicação com o cientista Christian Doppler e tira suas dúvidas sobre as questões e situações retratadas no programa.</p> |
| Experimento | <p>O experimento proposto trabalha com a seguinte questão-problema: "Muitos instrumentos de sopro possuem furos que, se abertos ou fechados,</p> |

| | |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>controlam a nota produzida. Como isso é possível?”</p> <p>O objetivo deste experimento é verificar como a altura da nota produzida em um tubo fechado em uma das extremidades se relaciona com o comprimento do tubo.</p> <p>Trabalha com os conceitos de ondas, frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação, ondas longitudinais, ressonância, notas musicais.</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Cada uma dessas mídias possui um guia para auxiliá-lo no desenvolvimento das atividades.

A seguir são disponibilizadas as informações específicas para o experimento “As Ondas Sonoras – Ressonância em tubos cilíndricos fechados em uma extremidade” onde é apresentado a você, professor, um detalhamento sobre todas as etapas do experimento, seus objetivos e formas de o desenvolver em sua sala de aula.

Utilizando a versão html (site) do experimento

Segue um breve resumo de como o recurso está estruturado em sua versão HTML (site):



Dados Gerais - apresenta as seguintes informações: série na qual normalmente tal conteúdo é trabalhado, os assuntos relacionados, o tempo previsto e os pré-requisitos para a execução do experimento, assim como os objetivos que fundamentam sua aplicação.



Introdução - apresenta a fundamentação teórica dessa temática.



Condições de Segurança - é extremamente importante a você, professor, por sugerir cuidados ao executar as etapas do experimento.



Procedimento - apresenta como desenvolver o experimento, quais os materiais utilizados, assim como as etapas a seguir.



Orientações - traz orientações ao professor sobre a utilização, o desenvolvimento e a aplicação desse material em sala de aula.



Questões - apresenta questões e respostas que podem ajudar no embasamento teórico da aula. Estas questões estão divididas em três categorias: questão prévia, que pode antecipar o experimento, questões relativas aos resultados, questões para reflexão e discussão e questões desafios, que são mais amplas e reflexivas relacionadas com o assunto.



Sugestão de Interface com outras disciplinas - apresenta informações que possibilitam um trabalho interdisciplinar.



Informações Adicionais - traz sugestões de links, biografias e explicações complementares que complementam o trabalho realizado.



De professor para professor - vídeo que traz sugestões de um outro professor, também do ensino médio, sobre o desenvolvimento do experimento proposto.

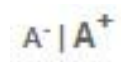


Créditos – apresenta informações relativas a autoria do material, do projeto ACESSA Física e seus financiadores.



Guia do Professor – apresenta link para baixar este guia do professor em formato PDF, possibilitando a utilização do recurso mesmo em situações onde não seja possível o acesso a um computador. Para visualizar arquivos PDF é necessário utilizar o Acrobat Reader. Caso não possua o programa nesta sessão também é disponibilizado um link para baixá-lo.

Recursos Adicionais



Acessibilidade Visual - pensando na questão de conforto e acessibilidade visual, o material possui a funcionalidade de aumento e diminuição do tamanho da fonte.



Impressão da página – permite a impressão de cada página do site separadamente, oferecendo flexibilidade na utilização parcial do conteúdo com seus alunos.



Ajuda – apresenta breve descrição de cada item do site.



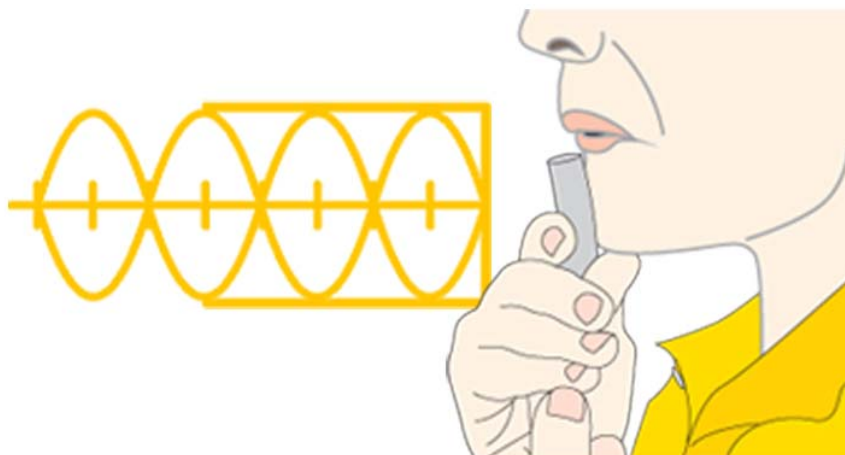
Navegação Linear – apresentada no início e fim de cada página, fornece uma forma linear de navegação pelo conteúdo do recurso, percorrendo todas as sessões do site ordenadamente.

Segue o conteúdo completo do experimento para impressão e utilização do mesmo em situações onde não seja possível o acesso a um computador.

Bom experimento!



As Ondas Sonoras – Ressonância em tubos cilíndricos fechados em uma extremidade



Questão Prévia

Muitos instrumentos de sopro possuem furos que, se abertos ou fechados, controlam a nota produzida. Como isso é possível?



Dados Gerais

Atividade: Tubos Sonoros.

Série escolar: 1º, 2º e 3º ano do Ensino Médio.

Tema da atividade: Ressonância em tubos sonoros.

Assunto: Relação entre frequência de ressonância e comprimento de uma coluna de ar fechada em uma das extremidades.

Tempo Previsto: Uma aula de pelo menos 50 minutos.

Palavras-Chaves: Som, ressonância, tubos sonoros, instrumentos musicais.

Objetivo Geral: O objetivo deste experimento é verificar como a altura da nota produzida em uma das extremidades de um tubo fechado se relaciona com o comprimento do tubo.

Conceitos envolvidos: Ondas, frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação, ondas longitudinais, ressonância, notas musicais.

Pré-requisitos: Conceitos fundamentais sobre ondas sonoras: frequência (f), comprimento de onda (λ), velocidade de propagação $v = \lambda \times f$, superposição e ondas estacionárias, nós e ventres, comprimento de onda.

Objetivos

- Aprender a produzir pelo menos duas frequências de ressonância em um tubo de ar.
- Observar a variação na frequência obtida em função do comprimento do tubo.
- Calcular as frequências que podem ser obtidas com o tubo construído no experimento.
- Construir ou desenvolver os conceitos de frequência e ressonância.
- Compreender a relação entre nota musical e frequência.

Observação: O professor pode utilizar o experimento para diferentes fins pedagógicos, pois objetivar somente um é limitar a abrangência do experimento.



Introdução



Figura 1

Quando sopramos na abertura de um tubo fechado na outra extremidade, ouvimos um chiado – ou ruído – que não somos capazes de identificar como nenhuma nota musical. Porém, se soprarmos da forma correta (figura 1), o que pode ser conseguido com um pouco de prática, conseguiremos ouvir um som de altura bem definida, ou seja, um som que pode ser identificado como uma nota musical.

A música é uma das mais antigas e inerentes manifestações do espírito humano. Uma das primeiras constatações que os homens fizeram é que nem todo som é agradável ou pode ser usado na música. Por exemplo, o chiado que ouvimos ao soprar o tubo, dificilmente poderia ser combinado com outros sons para criar uma melodia. No entanto, existem sons, que quando combinados com outros, podem gerar aquilo que chamamos de música. Esses sons podem ser produzidos das mais diversas formas, mas possuem algumas características que nos permite classificá-los e identificá-los. Essa característica é o que chamamos de nota musical. As notas musicais são identificadas por sua altura – que não deve ser confundida com intensidade ou volume. Assim, dadas duas notas diferentes, uma será identificada como mais alta ou aguda e a outra como mais baixa ou grave.

O que determina a altura de uma nota é a frequência do som. Se um som tem frequência mais alta ele é mais agudo, se a frequência for mais baixa ele será mais grave.

Observação: Para ouvir os áudios referentes a esse experimento acesse a página do guia do professor.

O chiado produzido pelo ar, ao se chocar com as paredes do tubo, é resultado de um movimento caótico que gera perturbações que se propagam em todas as direções. Essas perturbações são caracterizadas como variações espaciais e temporais na densidade e pressão do ar ou – o que é equivalente – como deslocamentos do ar com relação à sua posição média. Devido à sua natureza caótica não podemos associar nenhuma frequência a essas perturbações.

Algumas dessas perturbações se propagam para dentro do tubo, são refletidas

pela parede na extremidade fechada e retornam para a extremidade aberta, onde novamente são refletidas para a o interior do tubo. A maioria das muitas frequências possíveis geradas pelo movimento caótico se cancelará nesse processo, uma vez que as ondas que entram anularão as que estão saindo. Apenas para um pequeno conjunto de frequências haverá superposição construtiva das perturbações que se movimentam para dentro do tubo com as que se movimentam para fora produzindo uma perturbação ainda mais forte. Essas são as frequências de ressonância do tubo.

Vamos descrever essas perturbações como variações na posição média das partículas de ar. Na extremidade fechada do tubo as partículas não podem se mover e dessa forma, a variação na posição é nula para todas as perturbações. No extremo aberto, a variação pode ser muito grande, porque o ambiente externo tende a minimizar as variações de pressão, permitindo o deslocamento do ar. Para que uma perturbação possa caminhar nos dois sentidos, reforçando as que vêm em sentido oposto, ela deve satisfazer simultaneamente a estas duas condições: deslocamento nulo na extremidade fechada (um nó) e deslocamento máximo na extremidade aberta (um ventre). Essas duas condições devem ser mantidas o tempo todo e as perturbações, cujas frequências forem capazes de satisfazê-las, criarão ondas estacionárias dentro do tubo.

A situação é análoga à ressonância que ocorre em um pêndulo sujeito a oscilações forçadas. O movimento turbulento e caótico do ar introduzido na boca do tubo corresponde a uma força que é a combinação de muitas frequências simultâneas. Estarão presentes como ondas estacionárias dentro do tubo, apenas as frequências para as quais há ressonância.

Podemos representar essas ondas em esquemas como o da figura a seguir. Nesta figura, o deslocamento máximo do ar em cada posição é representado pela distância à linha eixo do tubo. No entanto, é importante manter em mente que a onda dentro do tubo é longitudinal e que os deslocamentos ocorrem na direção do eixo do tubo:

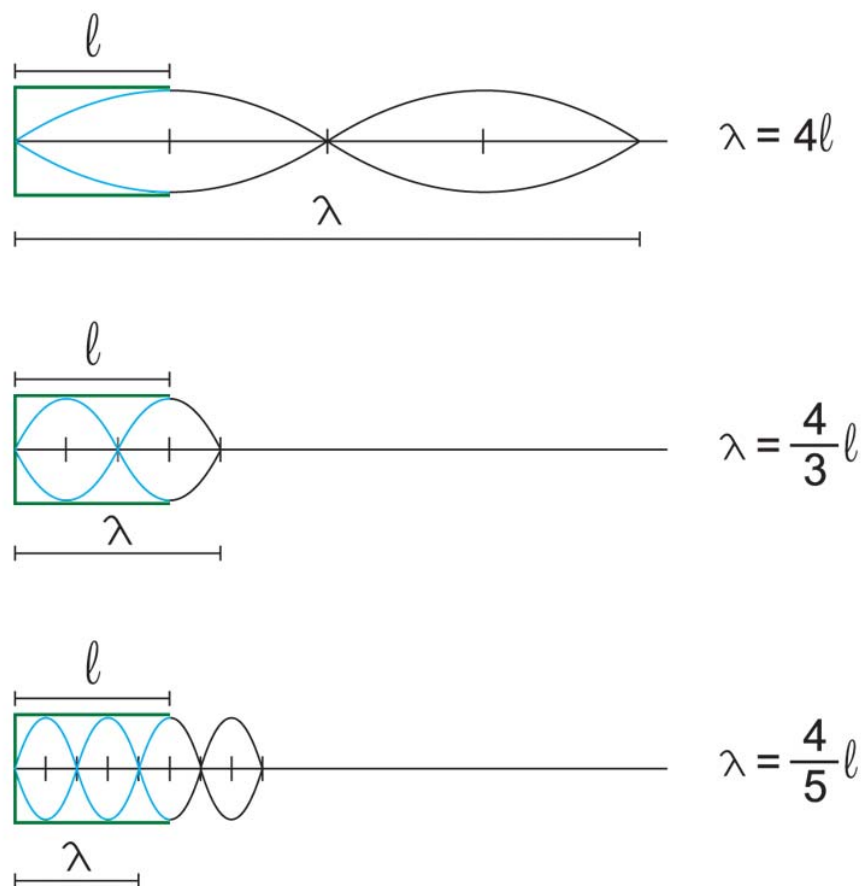


Figura 2 - Ondas estacionárias representadas em um tubo fechado em uma extremidade

A distância entre um nó e um ventre adjacente é de $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda. Portanto, as ondas estacionárias que podem ser produzidas dentro de um tubo de comprimento l serão:

$$4l, 4l/3, l/5, 4l/7, \dots$$

Se a velocidade do som no ar for v , lembrando que $f=v/\lambda$, as frequências correspondentes serão:

$$v/4l, 3v/4l, 5v/4l, 7v/4l, \dots$$

Vemos que elas podem ser escritas como $f_0, 3f_0, 5f_0, 7f_0$, etc., onde $f_0=v/4l$ é a frequência mais baixa ou frequência fundamental. O tubo fechado em uma das extremidades produz um conjunto de ondas cujas frequências são múltiplos ímpares da frequência fundamental. Essas frequências são chamadas de

harmônicos do fundamental. Assim, o primeiro harmônico tem frequência $f_1=3f_0$, o segundo, $f_2=5f_0$ e assim por diante.

O que determina o timbre de um instrumento, ou seja, o que nos permite distinguir entre um “lá” produzido por um violino e o mesmo “lá” produzido por uma flauta é a relação entre a intensidade da frequência fundamental e as intensidades de seus harmônicos.

No caso do tubo fechado em um dos extremos, os harmônicos são bem mais fracos do que o fundamental, mas ainda assim, têm importância na determinação do timbre. Se soprarmos o tubo com mais força, poderemos fazer com que a intensidade do primeiro harmônico ($3f_0$) torne-se mais alta que a da fundamental, permitindo dessa forma, que ele seja claramente ouvido.



Condições de Segurança

- Caso seja solicitado que os alunos cortem os tubos de plástico, será necessário tomar os cuidados habituais para lidar com instrumentos cortantes.
- É conveniente alertar os alunos para os cuidados com a higiene, caso seja necessário que mais de um aluno sopre no mesmo tubo.



Lista de Materiais

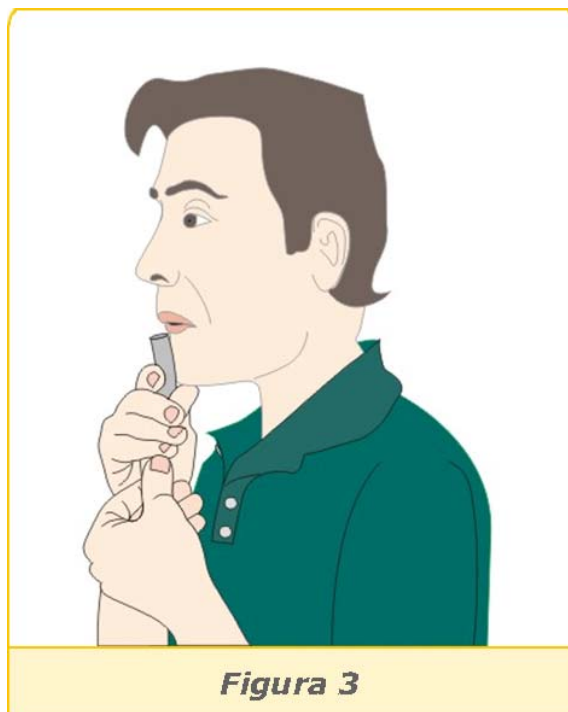
- Tubos de plástico ou borracha com 15 cm, 7,5 cm e 5 cm. Sugerimos mangueira de chuveirinho, no entanto, qualquer outro tipo de tubo com mais ou menos 1 cm de diâmetro pode ser utilizado.
- Copo ou recipiente com pelo menos 10 cm de água.



Etapas do procedimento

Etapa 1: Treinando o sopro

- Feche uma extremidade do tubo de 15 cm com o dedo e sopre tangencialmente na outra abertura.
- A intensidade e a posição do sopro talvez exijam um pouco de prática.



- Quando a coluna de ar entra em oscilação ouve-se um som bem definido.

Observação: Para ouvir os áudios referentes a essa etapa acesse a página do guia do professor.

Etapa 2: Variando os tubos

- Mergulhe uma extremidade do tubo no recipiente com água.
- Em seguida, sopre na outra extremidade, de modo a colocar a coluna de ar em oscilação.

- Varie a profundidade em que o tubo é mergulhado na água e observe a variação na altura do som.
- Quando ele é mais grave e quando ele é mais agudo?
- Como isto está relacionado com a coluna de ar?
- O som deve se tornar mais agudo com a redução do comprimento da coluna de ar.

Observação: Para assistir ao vídeo e ouvir os áudios referentes a essa etapa acesse a página do guia do professor.

Etapa 3: Gerando sons

- Fechando novamente uma das extremidades do tubo de 15 cm com o dedo, sopra com bastante força.
- Você deve ser capaz de ouvir um som bem agudo.
- Sopre nos tubos com 7,5 cm e 5 cm e compare as alturas.
- Qual delas mais se aproxima do som agudo do tubo de 15 cm?
- Isso concorda com a teoria de formação das oscilações em um tubo fechado em uma extremidade?

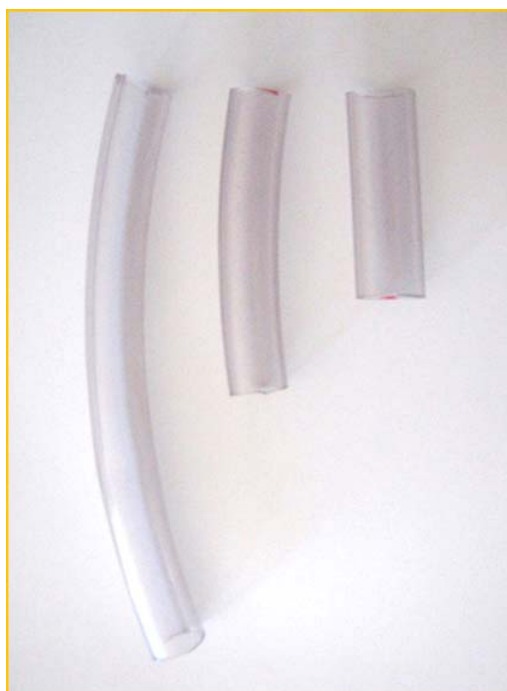


Figura 4 - Tubos de 15 cm, 7,5 cm e 5 cm de comprimento

- Resultado esperado? O som agudo do tubo de 15 cm deve estar mais próximo (mas não exatamente da mesma altura) do som do tubo de 5 cm, e não do som do tubo de 7,5 cm.



Orientações

Compreender o mecanismo da ressonância para ondas longitudinais é mais difícil do que para as ondas transversais. Por isso, é interessante que os alunos tenham estudado as oscilações em uma corda antes de estudarem a ressonância em um tubo.

O estudo dos tubos sonoros pode facilmente evoluir para a produção de instrumentos como flautas de pan e marimbas.

O professor deve estar atento para alguns cuidados:

- Este estudo é baseado na capacidade dos alunos compararem as alturas de dois sons. Para isso, o professor deverá apresentar exemplos de sons

em que as alturas possam ser identificadas, permitindo assim, que os alunos compreendam claramente a distinção entre mais alto, mais baixo ou de mesma altura, inclusive quando os timbres forem diferentes.

- O ouvido humano é bastante sensível às variações de frequência. Por isso, será praticamente impossível, apenas pelo comprimento dos tubos, construir um tubo cuja frequência fundamental seja identificada exatamente com o primeiro harmônico do tubo maior. Os alunos deverão apenas procurar identificar qual o tubo que produz o som mais parecido com ele.

Observação: Para ouvir os áudios referentes a esse experimento acesse a página do guia do professor.



Questões relativas ao resultado

- 1) Qual é a dependência (qualitativa) entre a frequência produzida e o comprimento da coluna de ar?
- 2) Qual o comprimento de um tubo que produz como fundamental a oscilação que é o primeiro harmônico de outro?
- 3) Calcule as frequências fundamentais do primeiro e segundo harmônicos para os tubos de 15 cm, 7,5 cm e 5 cm de comprimento. Utilize 340 m/s como a velocidade do som no ar.



Questões para reflexão e discussão

- 1) Quando sopramos o tubo mergulhado na água, mesmo tomando bastante cuidado para não movê-lo, podemos notar que no início ocorre uma pequena variação na altura do som. Por que isso acontece?
- 2) O que acontece quando aumentamos a intensidade do sopro em um tubo mergulhado na água, sem movê-lo? Acontece o mesmo quando fechamos o tubo com o dedo? Por quê?
- 3) O que aconteceria se fizéssemos um furo no tubo? Ainda seria fácil conseguir a ressonância?



Questões Desafio

- 1) Também podemos fazer tubos sonoros com garrafas de vidro parcialmente cheias de água. Neste caso, quando sopramos a boca da garrafa, obtemos sons que serão tão mais agudos quanto maior for a quantidade de água, já que se trata de um tubo sonoro como o estudado aqui. No entanto, se usarmos as mesmas garrafas como um xilofone, golpeando-as com um objeto duro, os sons serão mais graves quanto maior for a quantidade de água. Por que isso acontece?
- 2) O diâmetro do tubo não entra no cálculo das frequências de ressonância. Isso quer dizer que, se tivermos dois tubos com exatamente o mesmo comprimento, mas diâmetros diferentes, as frequências calculadas seriam exatamente as mesmas. Porém, apesar das frequências serem muito próximas dos valores calculados, isso não ocorre. Você consegue imaginar uma razão para isso?



Respostas

Questões relativas ao resultado

1) Qual é a dependência (qualitativa) entre a frequência produzida e o comprimento da coluna de ar?

Resposta: Quanto maior o tubo, mais grave é o som produzido, ou seja, a frequência é mais baixa.

2) Qual o comprimento de um tubo que produz como fundamental a oscilação que é o primeiro harmônico de outro?

Resposta: O primeiro harmônico tem o triplo da frequência do fundamental, assim, o tubo deverá ter um terço do comprimento.

3) Calcule as frequências fundamentais do primeiro e segundo harmônicos para os tubos de 15 cm, 7,5 cm e 5 cm de comprimento. Utilize 340 m/s como a velocidade do som no ar.

Resposta: Usando as fórmulas deduzidas na introdução:

- 15 cm: 567 Hz, 1.700 Hz e 2.833 Hz
- 7,5 cm: 1.133 Hz, 3.400 Hz e 5.667 Hz
- 5 cm: 1.700 Hz, 5.100 Hz e 8.500 Hz

Observe que o fundamental do tubo de 5 cm é igual ao primeiro harmônico do tubo de 15 cm.

Questões para reflexão e discussão

1) Quando sopramos o tubo mergulhado na água, mesmo tomando bastante cuidado para não movê-lo, podemos notar que no início ocorre uma pequena variação na altura do som. Por que isso acontece?

Resposta: Com o sopro, a pressão dentro do tubo passa a ser um pouco maior que a pressão atmosférica, e isso faz com que a água que está lá dentro abaixe um pouco. Percebemos isso como uma pequena queda na frequência do som produzido enquanto a água é empurrada para baixo.

2) O que acontece quando aumentamos a intensidade do sopro em um tubo mergulhado na água, sem movê-lo? Acontece o mesmo quando fechamos o tubo com o dedo? Por quê?

Resposta: Como na questão anterior a pressão dentro do tubo abaixa a água, aumentando o comprimento do tubo e diminuindo a frequência. Com o dedo, este efeito não é observado, porque o comprimento do tubo permanece constante.

3) O que aconteceria se fizéssemos um furo no tubo? Ainda seria fácil conseguir a ressonância?

Resposta: A condição de nó na extremidade fechada estaria perdida e a frequência de ressonância seria maior, já que, essa situação corresponde, aproximadamente, a de um tubo aberto nas duas extremidades.

Questões Desafio

1) Também podemos fazer tubos sonoros com garrafas de vidro parcialmente cheias de água. Neste caso, quando sopramos a boca da garrafa, obtemos sons que serão tão mais agudos quanto maior for a quantidade de água, já que se trata de um tubo sonoro como o estudado aqui. No entanto, se usarmos as mesmas garrafas como um xilofone, golpeando-as com um objeto duro, os sons serão mais graves quanto maior for a quantidade de água. Por que isso acontece?

Resposta: Quando sopramos a boca da garrafa, colocamos o ar do seu interior em oscilação e as frequências de ressonâncias serão menores para volumes maiores de ar. No entanto, quando golpeamos a garrafa, colocamos o vidro e a água do seu interior em oscilação, e nesse caso, as frequências de ressonância serão menores quanto maior for o volume de água em oscilação.

2) O diâmetro do tubo não entra no cálculo das frequências de ressonância. Isso quer dizer que, se tivermos dois tubos com exatamente o mesmo comprimento, mas diâmetros diferentes, as frequências calculadas seriam exatamente as mesmas. Porém, apesar das frequências serem muito próximas dos valores calculados, isso não ocorre. Você consegue imaginar uma razão para isso?

Resposta: No modelo para a determinação dos modos fundamentais considerou-se que os ventres das ondas estacionárias encontram-se exatamente na extremidade aberta do tubo.

Mas o comportamento das frentes de onda na saída do tubo é muito complexo e afirmar que a reflexão ocorre no fim do tubo é uma aproximação. Para um cálculo um pouco melhorado podemos considerar que a reflexão ocorre um pouco além da extremidade, cerca 0,6 vezes o diâmetro do tubo. Isso corresponde a imaginarmos que existe uma coluna de ar “efetiva” um pouco maior do que o tubo.

Por isso, dois tubos com exatamente o mesmo comprimento, mas diâmetros diferentes terão frequências de ressonância ligeiramente diferentes – o tubo de diâmetro maior produzirá um som ligeiramente mais grave.

Essa é uma das razões pelas quais é difícil fazer coincidir o som do primeiro harmônico com o do tubo com $1/3$ do comprimento, uma vez que o efeito será mais pronunciado no tubo menor.

Esta, também, é uma oportunidade de discutir com os alunos a importância que os modelos e as aproximações têm na ciência.



Sugestão de Interface com outras disciplinas

Educação Artística: A teoria e a compreensão do mecanismo da ressonância podem orientar os alunos para a produção de instrumentos musicais.

Na vida cotidiana: Estabilidade de ponte pênsil. Sintonia de rádios.



Informações Adicionais

Tubos abertos

Se o tubo for aberto nas duas extremidades, os modos ressonantes terão ventres nas duas aberturas. Portanto, as frequências possíveis serão:

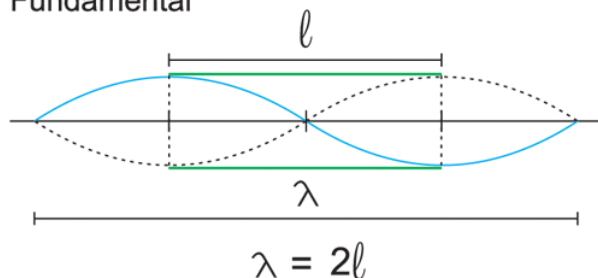
$$v/2\ell, v/\ell, 3v/2\ell, 2v, \dots$$

Ou seja, todos os múltiplos inteiros - pares e ímpares - da frequência fundamental. $v/2\ell$.

Modos de Vibração em tubos abertos
Representação do deslocamento médio

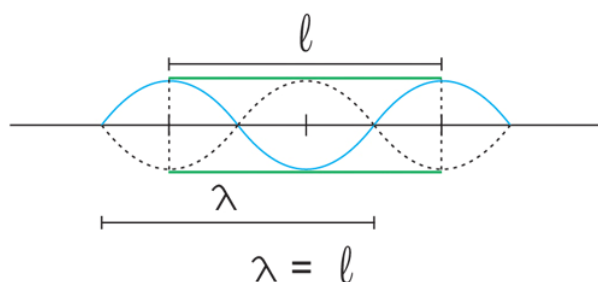
$$f = \frac{v}{\lambda}$$

Fundamental



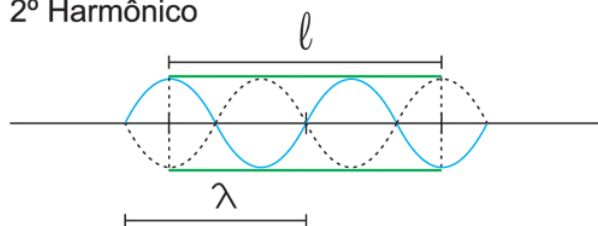
$$f = \frac{v}{2l}$$

1º Harmônico



$$f = \frac{v}{l}$$

2º Harmônico



$$f = \frac{3v}{2l}$$

$$\lambda = 4 \frac{l}{3} = \frac{2l}{3}$$

Figura 5 - Ondas estacionárias representadas em um tubo aberto

Instrumentos de sopro

Diversos instrumentos de sopro possuem um longo tubo cilíndrico com furos. O som mais grave que o instrumento pode emitir é obtido quando todos os furos são fechados. Abrir os furos corresponde a diminuir o comprimento do tubo e, assim, notas mais agudas são produzidas.



Análise espectral

Caso os alunos disponham de computador com placa de som e microfone, pode-se utilizar softwares de análise espectral para verificar a presença das frequências fundamental e harmônicas. Esses softwares, em geral, utilizam uma escala em decibéis, cujo significado será necessário explorar com os alunos. Um exemplo é o JAAA (Jack/Alsa Audio Analyzer - disponível nas distribuições Linux).



Créditos

Projeto ACESSA Física

Instituição Executora IBTF - Instituto Brasileiro de Educação e Tecnologia de Formação a Distância

Coordenadores de Conteúdo Prof. Dietrich Schiel
Prof. Yvonne Primerano Mascarenhas

Coordenador Pedagógico Hamilton Silva

Autores, Co-autores e Prof. Antonio Carlos de Castro

Professores Convidados Prof. Carlos Alfredo Argüello

Prof. Carolina Rodrigues de Souza Miranda
Prof. Iria Muller Guerrini
Prof. Marco Aurélio Pilleggi
Prof. Sergio Henrique de Souza Motta
Criação de Linguagem Cao Hamburger
Editora de vídeo Daniela Cacuso Bellarde dos Santos
Ilustrador Matheus Augusto Alves Tognetti
Locutor Julio Peronti
Programadores Nilton Jorge Borges
Priscila Mascarenhas Luporini
Parceiros CDCC - Centro de Divulgação Científica e Cultural – USP
IEA - Instituto de Estudos Avançados - São Carlos – USP

**Projeto financiado pelo MEC - Ministério da Educação e pelo MCT -
Ministério da Ciência e Tecnologia**

Creative Commons - Atribuição 2.5 Brasil

Você pode:

Copiar, distribuir, exibir e executar a obra
Criar obras derivadas

Sob as seguintes condições:

Atribuição. Você deve dar crédito ao autor original, da forma especificada pelo autor ou licenciante.

Para cada novo uso ou distribuição, você deve deixar claro para outros os termos da licença desta obra.

Qualquer uma destas condições pode ser renunciada, desde que você obtenha permissão do autor.

Nada nesta licença prejudica ou restringe os direitos morais do autor.