



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UFAM

LELYZ SANTOS

SEQUÊNCIA DIDÁTICA: EXPLORANDO A FÍSICA NA MÚSICA

MANAUS – AM

2021

APRESENTAÇÃO

O produto é fruto de uma dissertação do Programa de Pós-graduação de Física, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, polo 04, IFAM/UFAM.

O Trabalho foi desenvolvido com a intenção de sugerir uma sequência didática em ensino de física que pudesse ser interessante, atrativa e produtiva para o aluno, para que outros professores possam reproduzir parcial ou integralmente, ou adaptá-la de acordo com seus conhecimentos e interesses.

A sequência didática foi concebida em quatro aulas de cinquenta minutos: as duas primeiras expositivas e teóricas; a terceira experimental; e a quarta é de aplicação de questões para averiguar os conhecimentos aprendidos.

A escolha do tema tem a finalidade de explorar ao máximo os conceitos de ondulatória aplicada à teoria musical, fazendo assim uma interdisciplinaridade com a música, aproveitando-se do interesse natural para a música, despertando o interesse nos alunos de conhecer os conceitos físicos mais a fundo.

SUMÁRIO

AULA 1	4
Natureza das ondas	5
Tipos de ondas.....	5
Características das ondas.....	6
SOM	7
Qualidades fisiológicas do Som	8
AULA 2	10
Interferência de ondas	10
Ondas estacionárias	11
Pitágoras e os instrumentos com cordas	13
AULA 3	18
Experimento de baixo custo	18
Descrição da montagem	19
AULA 4	21
Exercícios proposto resolvidos.....	21
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
REFÊRENCIAS	29

AULA 1

Conceito de onda

O estudo de fenômenos ondulatórios é um dos conceitos mais importantes da física.

Em sua obra, Fundamentos da Física, Halliday descreve a importância deste conceito para esta ciência:

Para se ter uma ideia da importância das ondas no mundo, basta considerarmos a indústria musical. Toda música que escutamos, de um samba de rua a um sofisticado concerto sinfônico, envolve a produção de ondas pelos artistas e a detecção dessas ondas pela plateia. Da produção a detecção, a informação contida nas ondas pode ser transmitida por diversos meios (como no caso de uma apresentação ao vivo pela internet) ou gravada ou reproduzida (através de CDs, DVDs, etc). A importância do controle de ondas musicais é enorme e a recompensa para os engenheiros que desenvolvem novas técnicas pode ser muito generosa. página 117 (Fundamentos da Física - Halliday – 2 Volume – 9 Edição, 2012)

Fig. 1 propagação de ondas



Fonte: (VALLI, Emilio, 2015, p. 1).

Qualquer objeto que pode gerar ruído é denominado fonte. E onda transporta apenas energia e não matéria.

Natureza das ondas

Quanto à natureza da onda, existem dois tipos: mecânica ou eletromagnética.

Ondas mecânicas: Estas são variedades que precisam de um meio material para propagação e não se propagam no vácuo. Essas são as mais conhecidas. Exemplos: Ondas sonoras, ondas em cordas, em cuba de ondas, etc.

Ondas eletromagnéticas: Não necessitam de um meio de propagação. Elas são causadas por cargas elétricas oscilantes. Exemplos: Antena de transmissão de rádio ou de televisão ; micro-ondas, raios-X e luz.

Tipos de ondas

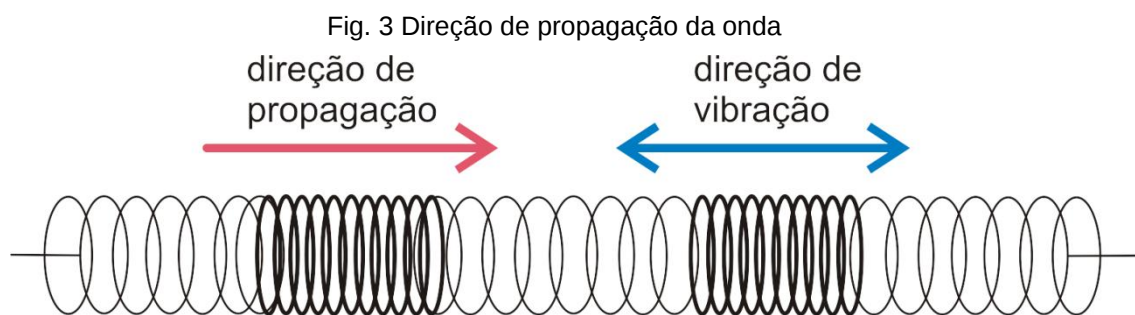
Ondas Transversais: Transmite na direção perpendicular, na direção da oscilação.



Pulso transversal realizado por uma mola.

Fonte: (VENTURA, Daniel Rodrigues, 2011, p.1).

Ondas longitudinais: Elas se propagam na mesma direção da vibração. O som viaja em gases e líquidos por ondas longitudinais.



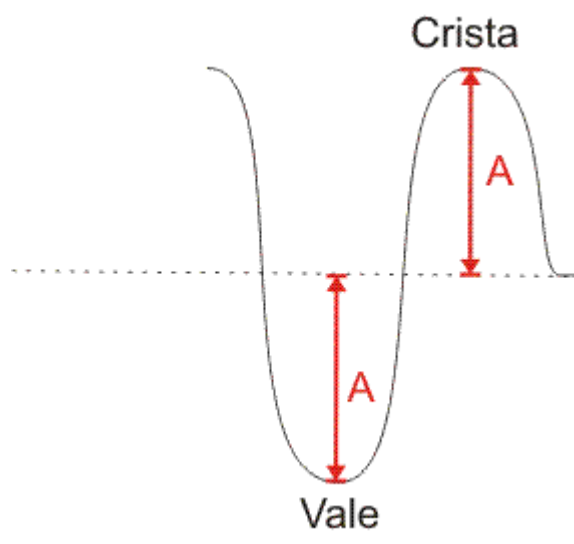
Fonte: (BORGES, NICOLAU, 2013, p. 1).

Conforme mostrado na Figura 3, a onda viaja no sentido horizontal. E, qualquer ponto da mola, também, se propaga da esquerda para a direita na horizontal. Quando as ondas estão na mesma direção, falamos de ondas longitudinais.

Características das ondas

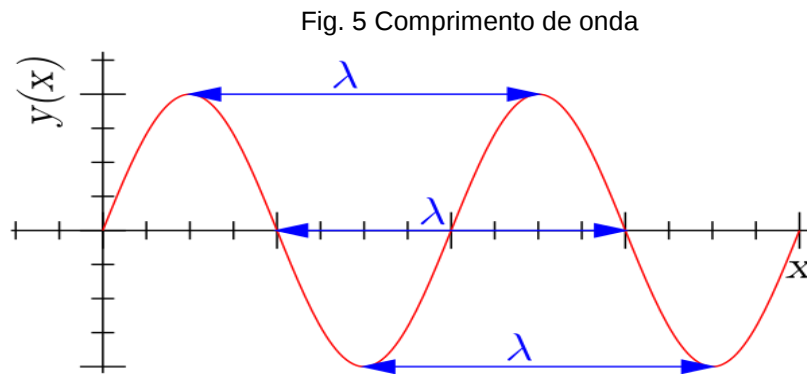
Amplitude: A amplitude é dada pelo ponto mais alto da onda chamado crista. Assim também como no ponto mais baixo da onda, chamado vale.

Fig. 4 Vale e crista da onda



Fonte: (SÓ FÍSICA, 2008).

Comprimento de onda (λ): O comprimento de onda representado pela letra grega λ (Lâmbda), mede a distância entre duas cristas consecutivas ou dois vales, também, consecutivos ou de um nó a outro.



Fonte: (TANAKA, Hugo Shigueo. 2021).

Período (T): É o tempo em que se leva para ser criado um comprimento de λ .

Velocidade (v): Toda a onda possui sua velocidade de propagação, geralmente, depende do meio, para calcularmos temos que dividir o comprimento da onda pelo período.

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

Frequência (f): É o número de oscilações de uma onda, em um determinado tempo, e sua unidade de medida é hertz (Hz.).

SOM

É o som é uma onda mecânica que depende de meio material para se propagar. Os dispositivos que emitem ondas sonoras são chamados de fontes sonoras. A propagação do som é tridimensional, além disso, o som é uma onda transversal.

O sistema auditivo de uma pessoa normal é sensibilizado por ondas sonoras de frequências entre aproximadamente, 20 Hz e 20.000 Hz. As ondas sonoras nesta faixa audível costumam ser denominados sons. Esses limites são convencionais, dependendo, entre outros fatores, da idade da pessoa.

As frequências inferiores a 20 Hz são denominadas infrassons e ocorrem, por exemplo, precedendo os abalos sísmicos. Certos animais têm ouvidos sensíveis a essas ondas, como os cavalos e os elefantes.

Ondas sonoras com frequências superiores a 20.000 Hz constituem os ultrassons. Embora não sejam audíveis para o homem, muitos animais podem ouvi-los, como cachorros, gatos, morcegos e outros.

Qualidades fisiológicas do Som

Nosso aparelho auditivo distingue no som certas características, denominadas qualidades fisiológicas, que são: altura, intensidade e timbre.

Altura

A qualidade pela qual diferenciamos sons graves de agudos é denominada altura. Ela depende apenas da frequência do som.

O som será tanto mais grave quanto menor for a sua frequência. Ele será tanto mais agudo quanto maior for a sua frequência. Por exemplo, o homem costuma emitir sons entre 100 e 200 Hz, e a mulher, sons entre 200 e 400 Hz. Dizemos então que a voz do homem é mais grave que a da mulher ou que a voz da mulher é mais aguda que a do homem.

Intensidade

A qualidade fisiológica pela qual diferenciamos os sons fracos dos sons fortes é denominada intensidade auditiva ou sonoridade, ou ainda nível sonoro do som. Depende de energia transportada pela onda sonora e, portanto de sua intensidade física.

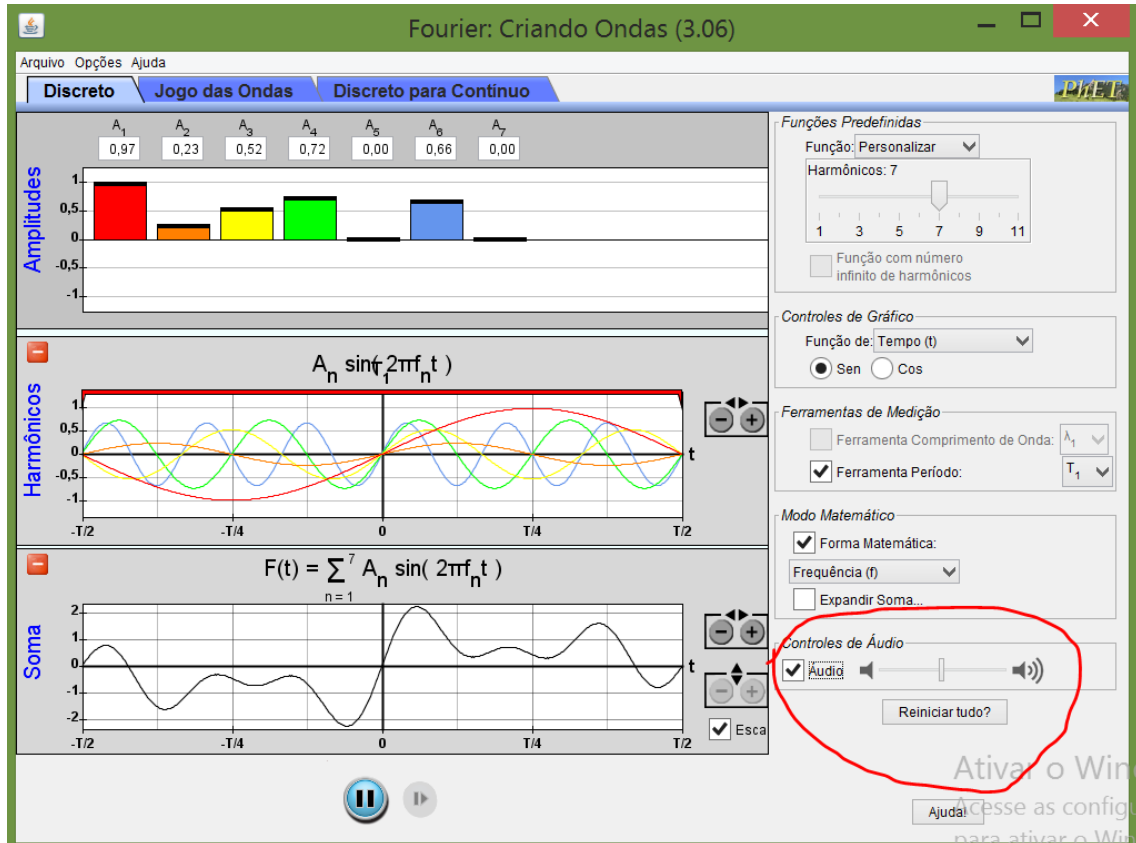
Vale destacar neste momento a comparação da amplitude com a intensidade.

Timbre

Quando um instrumento musical emite determinada nota, diversos sons de frequências múltiplas se superpõem para constituir essa nota dos quais, os de frequências menores constituirão o som fundamental, e os demais, com frequências múltiplas, serão os harmônicos. Assim, sendo f^1 a frequência do som fundamental, podemos ter o segundo harmônico ($f^2 = 2f^1$), o terceiro harmônico ($f^3 = 3f^1$) e assim

por diante. A superposição do som fundamental com os harmônicos determina a forma da onda emitida pelo instrumento, como se representa na figura abaixo.

Fig. 6 exemplo de formação de um timbre sintetizador



Fonte: (MALLEY, Chris, 2021).

O som fundamental ou primeiro harmônico está sempre presente e é ele que determina a frequência do som emitido. Os harmônicos acompanhantes do som fundamental mudam de acordo com a fonte geradora do som, ou seja, cada instrumento possui os seus harmônicos específicos. É essa característica que torna distintos, para o ouvinte, sons de mesma altura (mesma frequência) emitidos por instrumentos diferentes, desde que esses sons tenham a mesma intensidade. A essa propriedade do som damos o nome de timbre.

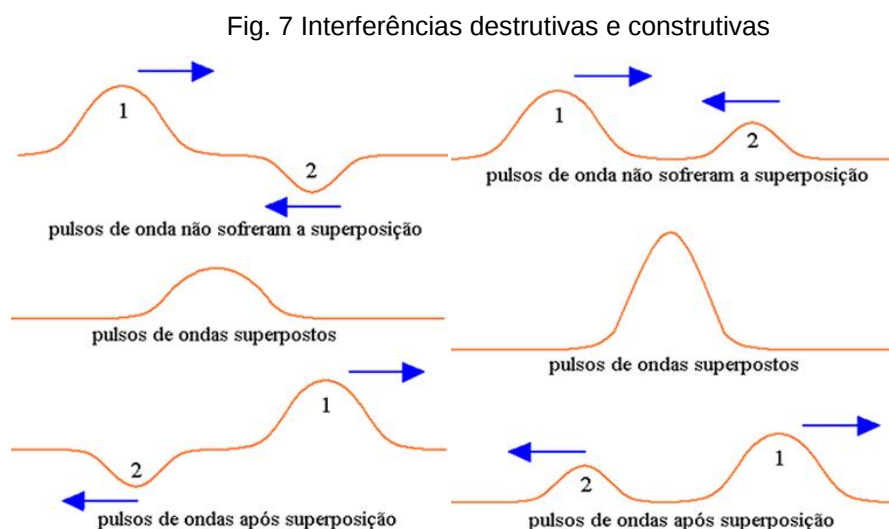
AULA 2

Interferência de ondas

Quando pegamos uma extremidade livre e fazemos um movimento de sobe e desce com a corda, teremos a formação de ondas que se propagam nela. Pegando-se duas pessoas e juntamente com elas uma corda e cada uma segurando a uma extremidade da corda, quando começarem a executar um movimento de sobe e desce, vamos ter as ondas se formando cujas propagações ocorrem no mesmo sentido. Mas o que acontece quando essas ondas se encontram? Acontece o fenômeno que chamamos de interferência de ondas.

Se pegarmos dois pulsos que se cruzam no meio do caminho. O que aconteceria?

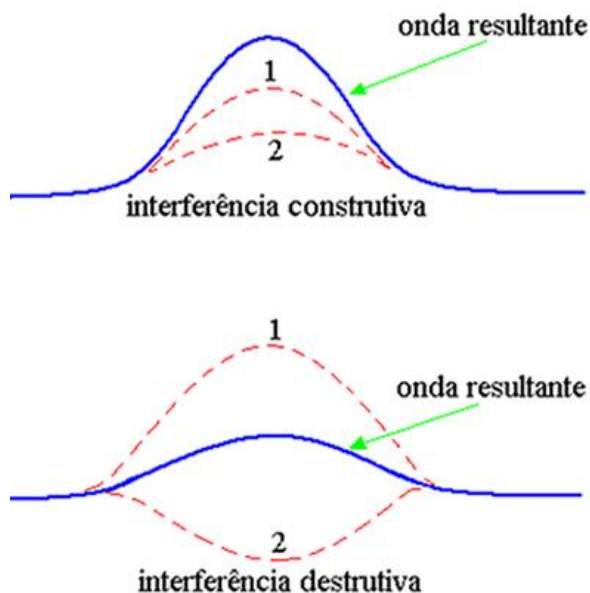
Onde ocorre a superposição, o efeito resultante é a soma dos efeitos que seriam produzidos pelas ondas que se superpõem, caso atingissem isoladamente aquele ponto. Após a superposição, cada onda continua sua propagação no meio, com suas propriedades inalteradas. Veja o exemplo:



Fonte: (SILVA, Domiciano Correa Marques, 2021).

Os efeitos do fenômeno da superposição quando as ondas se cruzam é denominado interferência. Pode-se dizer que temos dois tipos de interferência: Construtiva e Destrutiva. Veja o exemplo:

Fig. 8 onda resultante



Fonte: (SILVA, Domiciano Correa Marques, 2021).

Na interferência construtiva iremos ter uma sobreposição de modo que as amplitudes se somarão, sendo assim a amplitude da onda resultante sempre será maior que das ondas que a compõe.

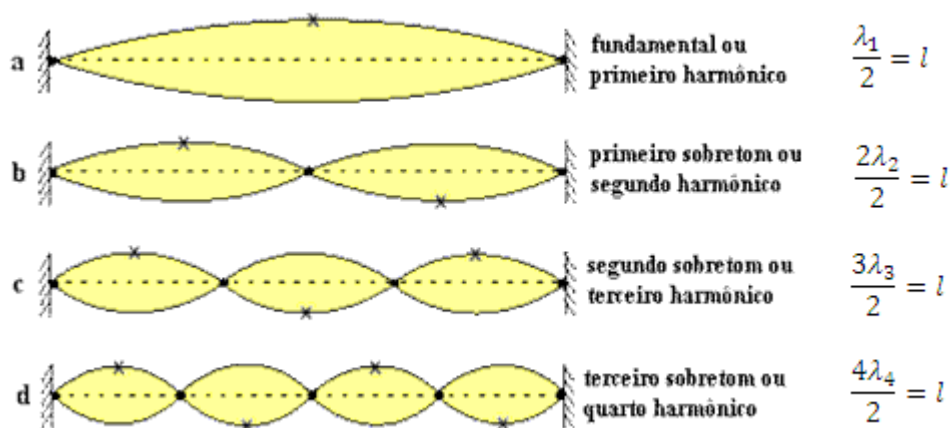
No caso da interferência destrutiva as ondas se cancelaram gerando uma nova onda que deverá ser menor que pelo menos uma das ondas que a geraram. Sendo uma interferência destrutiva parcial, ainda haverá uma onda resultante pequena, havendo uma interferência destrutiva total, não existirá onda resultante, geralmente esses casos ocorrerão quando as ondas em sentidos contrários possuem as mesmas amplitudes.

Ondas estacionárias

Quando ocorre um caso específico de interferência de onda, que seja, ondas que possuem: Frequência; comprimento de onda; amplitude iguais e que estejam em sentidos opostos, estaremos no caso de ondas estacionárias.

Ao analisarmos a Fig. 9 estamos diante de ondas estacionárias. Pontos de amplitudes mínimos e denominado nós e a “barriga” entre esses dois nós é denominado ventre. Nos pontos de interferências destrutivas, teremos os nós. Nos pontos de interferências construtivas iremos ter os ventres.

Fig. 9 ondas estacionárias e seus harmônicos.



Fonte: (NETTO, Luiz Ferraz, 1999).

Na figura acima podemos ver as formações do que chamamos de harmônicos e a relação com o comprimento de onda de cada harmônico.

Podemos encontrar a velocidade de propagação de onda em uma corda uniforme, se souber a densidade linear desta corda e a tensão exercida nela, a exemplo, um violão.

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

A onda estacionária, em seu harmônico fundamental, apresenta uma formação diferente de uma onda, isso porque estamos vendo apenas metade da onda.

Dessa forma, o comprimento de onda de uma onda estacionária é encontrado após três nós consecutivos ou dois ventres.

Uma forma de encontrar o harmônico é contando a quantidade de ventres que aparecem e vice-versa. Assim, o comprimento da corda para que ocorra uma onda estacionária deve ser um múltiplo inteiro ($n = 1, 2, 3, \dots$) da metade do

comprimento de onda (λ). Da seguinte maneira, conseguimos relacionar o comprimento de onda com o tamanho da corda:

$$\lambda = \frac{2L}{n}, \quad \text{para } n = 1, 2, 3, \dots,$$

As frequências de ressonância que correspondem a esses comprimentos de onda podem ser calculadas

$$f = \frac{v}{\lambda} = n \frac{v}{2L}, \quad \text{para } n = 1, 2, 3, \dots,$$

Onde v é a velocidade das ondas progressivas na corda.

Esta equação nos diz que as frequências de ressonância são múltiplos inteiros da menor frequência de ressonância, $f = v/2L$, que corresponde a $n = 1$. O modo de oscilação com a menor frequência é chamado de modo fundamental ou primeiro harmônico. O segundo harmônico é o modo de oscilação com $n = 2$, o terceiro harmônico é o modo com $n = 3$, e assim por diante. As frequências associadas a esses modos costumam ser chamadas de f_1 , f_2 , f_3 , e assim por diante. O conjunto de todos os modos de oscilação possíveis é chamado de série harmônica, e n é chamado de número harmônico do n ésimo harmônico.

Para uma corda submetida certa tensão cada frequência de ressonância corresponde a certo padrão de oscilação. Assim, se a frequência está na faixa de sons audíveis é possível "ouvir" a forma da corda. A ressonância também pode ocorrer em duas dimensões e em três dimensões.

Pitágoras e os instrumentos com cordas

Pitágoras, filósofo e matemático grego, teve uma grande contribuição para o desenvolvimento da música, em particular, na construção de instrumentos com cordas.

Ele teria observado os sons produzidos por martelos de diferentes pesos em uma oficina de ferreiro, e estes sons proporcionavam uma sensação agradável possuindo uma harmonia entre si. Tais martelos teriam pesos diferentes e, por meio desta observação colocou os pesos sobre as cordas iguais e percebeu que foi produzidos sons consonantes correspondentes.

Fig. 10 Pitágoras e o monocórdio



Fonte: (PRADO, 2010, p. 41).

Ressaltaremos o significado das oitavas, quartas e quintas: Na música alguns intervalos de uma escala tem nomes específicos, como a relação de $1/1$ que é chamada de uníssono, de $1/2$ que é chamada de oitava, $2/3$ de quinta e $3/4$ de quarta. Em geral, a oitava é lida como intervalo de referencia na formação das escalas e os outros intervalos são subdivisões da mesma.

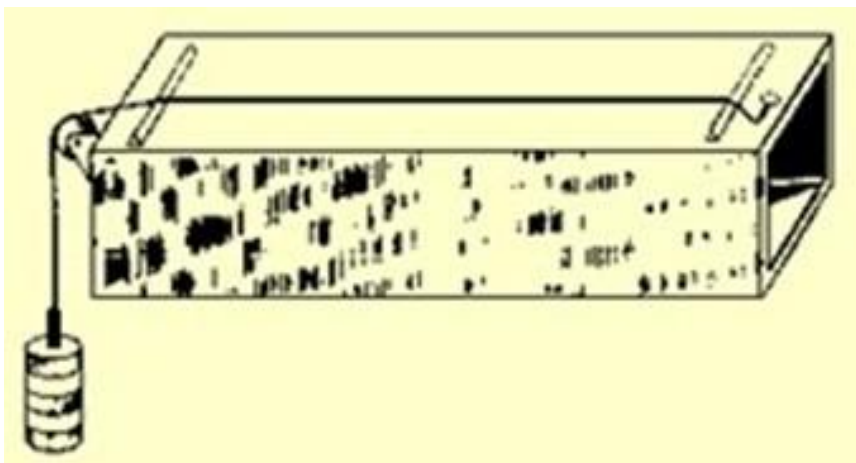
Fig. 11 Intervalos musicais



Fonte: (Wikipedia, 2020.)

Pitágoras estabeleceu uma relação existente entre a harmonia musical e os números. Ele teria esticado uma corda musical que produzia um som que tomou como fundamental, o tom. Fez marcas na corda que a dividiam em doze secções iguais, este instrumento mais tarde seria chamado de monocórdio, o qual se assemelha a um violão, mas com apenas uma corda.

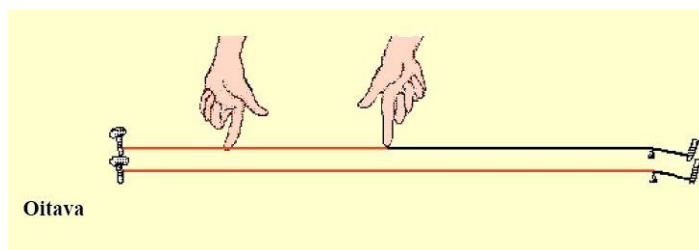
Fig. 12 exemplo de monocórdio



Fonte: (Clubes.obmep, 2021) <https://url.gratis/eUEfjJ> <acesso em 26 dez. 2021>

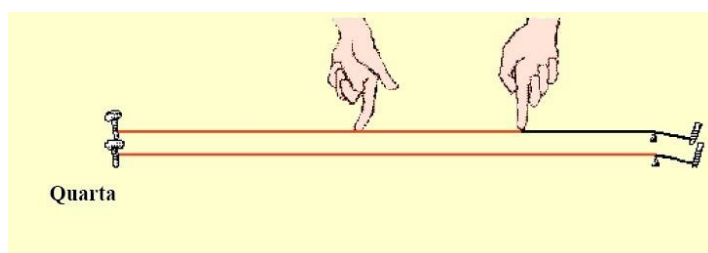
Ao tocar uma das marcas correspondente a $\frac{1}{2}$ do comprimento da corda, observou que foi produzida a oitava, quando tocava outra marca correspondente a $\frac{3}{4}$ do comprimento da corda resultava a quarta e ao tocar outra correspondente a $\frac{2}{3}$ do comprimento resultava-se na quinta.

Fig. 13 metade do comprimento da corda



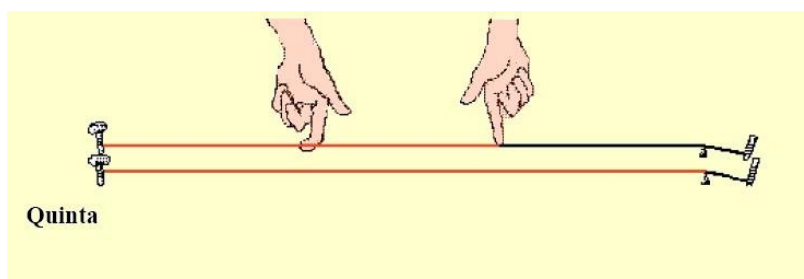
Fonte: (Cecilia Battaglia, 2020) <https://url.gratis/kqF3wV> <acesso em 26 dez. 2021>

Fig. 14 3/4 da corda



Fonte: (Cecilia Battaglia, 2020) <https://url.gratis/kqF3wV> <acesso em 26 dez. 2021>

Fig. 15 2/3 da corda



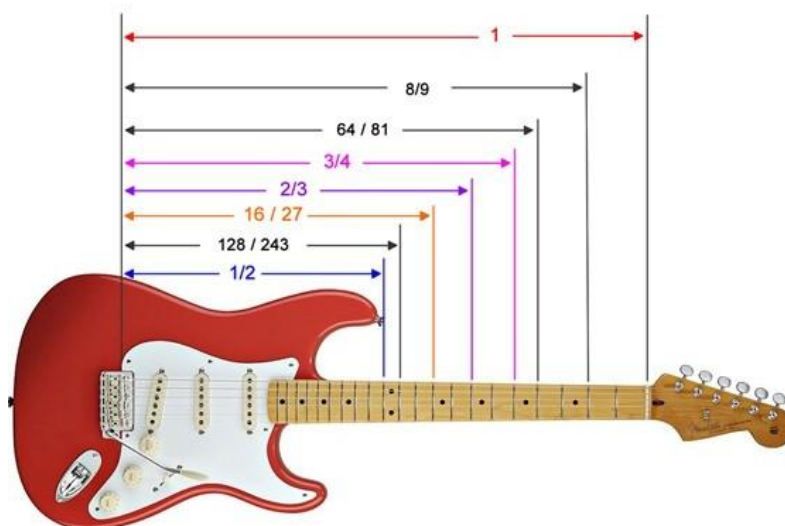
Fonte: (Cecilia Battaglia, 2020) <https://url.gratis/kqF3wV> <acesso em 26 dez. 2021>

Sendo assim as frações $1/2$, $3/4$, $2/3$ correspondiam à oitava; à quarta e à quinta, respectivamente.

A observação feita por Pitágoras pode ser ressaltada nos dias de hoje, em uma guitarra, já que posicionando o dedo na casa determinada pelos trastes 11 e 12 de uma guitarra, faz com que a corda que produz som, seja exatamente a metade do seu comprimento total sem dedo em qualquer casa, isto significa que esta metade, produzirá o dobro da frequência de vibração da corda “solta”, tornando-se a mesma nota, mas uma oitava acima.

A frequência da nota aumenta diretamente com a diminuição do comprimento da corda. Esta é uma parte física fundamental de todos os instrumentos de cordas.

Fig. 16 comprimento da corda de uma guitarra



Fonte: (SIMMI´2016) <https://url.gratis/xN051a> <acesso em 26 dez. 2021>

AULA 3

Experimento de baixo custo

Nos baseamos na proposta de Cavalcante et al, 2004 e 2013. Nos atentamos neste projeto ao estudo de ondas estacionarias em cordas e o desenvolvimento de um equipamento que pudesse ser reproduzido com facilidade e baixo custo, lançando mão de dispositivos móveis como tablets e Smartphones (Vieira, 2013).:

- Software para gerar os sinais “SweepGen (para PC)” e “ToneGenerate (para celular)”.
- Caixa de som simples 3W de potência.
- Base de madeira.
- Barbante com um peso colado a caixa de som através de um pino
- Polia
- PC ou Celular.
- Cola

Fig. 17 experimento desenvolvido



Fonte: Próprio Autor, 2021.

Descrição da montagem

A Montagem consiste de uma base de madeira em que fixamos em uma de suas extremidades uma roldana e na outra uma caixa de som com aproximadamente 30 cm de distância da roldana. O gerador de sinais é proveniente de um software gratuito SweepGen instalado no PC (versão Windows) que faz vibrar uma caixa de som conectada a sua saída de áudio. Um barbante/corda é fixado em um pino colado diretamente na membrana da caixa de som. A corda é tracionada por um peso que pode ser alterado aumentando e diminuindo a tração na corda. O comprimento da corda pode ser alterado arrastando o alto falante sobre a base de madeira. Para este experimento mantivemos o comprimento $L = 29\text{cm}$.

Depois de montado o equipamento sugere que o professor tome medidas do barbante, tais como sua massa e comprimento e densidade linear. Calcule a massa do peso utilizado na extremidade do barbante, que será usado para calcular a densidade linear do barbante. Em seguida produza a fundamental e os seus harmônicos em sala de aula. A partir da frequência encontrada e da medida de comprimento utilizada na madeira, tem-se a velocidade de propagação.

Logo em seguida utilize a formula:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Calcule a densidade linear e compare as duas densidades, faça as discussões em sala de aula para despertar a curiosidade dos alunos para que momentos posteriores encontrem as respostas.

Para efeitos de compreensão podemos comparar a densidade linear do barbante com de instrumento musical como por exemplo violão e guitarra conforma (Santos et al; 2013) Fig. 0. :

Fig. 18 Densidade linear da corda Mi do violão e da corda Mi da guitarra

Modos normais - Violão - 6ª corda E1 (Mi1)						
$\mu = (5,53 \pm 0,02) \times 10^{-3} \text{ kg/m}$						
Casa	f_1 (Hz)	f_2 (Hz)	f_3 (Hz)	f_4 (Hz)	f_5 (Hz)	α (Hz)
0	82,3	165,0	246,8	329,6	411,9	$82,40 \pm 0,03$
5	110,3	221,3	332,0	442,0	552,0	$110,5 \pm 0,05$
10	146,0	294,3	441,0	587,7	734,0	$146,8 \pm 0,08$
15	196,0	396,0	592,3	790,5	990,9	$197,8 \pm 0,10$

Modos normais - Guitarra - 6ª corda E1 (Mi1)						
$\mu = (7,13 \pm 0,02) \times 10^{-3} \text{ kg/m}$						
Casa	f_1 (Hz)	f_2 (Hz)	f_3 (Hz)	f_4 (Hz)	f_5 (Hz)	α (Hz)
0	82,1	164,5	246,8	329,7	411,1	$82,29 \pm 0,05$
5	109,5	219,1	328,8	438,3	550,6	$109,8 \pm 0,1$
10	145,4	291,3	438,3	584,3	735,3	$146,5 \pm 0,3$
15	193,6	389,0	584,4	783,0	983,0	$195,9 \pm 0,4$

Fonte: (SANTOS, E. M.; MOLINA, C.; TUFAILE, A. P.B, p. 6).

Vemos pela Fig. 18. que a densidade linear da 6ª corda do violão (Mi) é aproximadamente 10 vezes maior que o barbante utilizado, essa diferença se dá pelo fato da corda de violão suporta uma tensão maior. Com isso podemos compreender o por que do material desejado para se utilizar no violão, pois se aplicássemos a mesma tensão no barbante este não resistiria e arrebentaria.

Na Fig. 18 também é comparada a densidade linear do violão com a guitarra, o fator do material da corda bem como o comprimento do braço da guitarra ser diferente do violão influenciam, porém podemos até dizer que a tensão na guitarra é maior devido a sua densidade ser maior e poder resistir maior a tensão.

A aplicação de uma tensão maior ou menor implica na afinação das cordas, por exemplo, quanto maior a tensão a afinação do instrumento sobe e quanto menor a tensão a afinação desce, falando em miúdos quanto maior a tensão maior a frequência e quanto menor a tensão menor a frequência.

Por isso para se afinar um instrumento precisamente usa o afinador pois ele dá precisamente a frequência da nota desejada e quão próximo a afinação do instrumento esta

AULA 4

Esta aula será usada para exercícios no intuito de sedimentar aqui os conteúdos ministrados em aulas anteriores, os exercícios a serem usados fica a critério do professor que se utilizar desse material de apoio, pois dependerá de como conduzirá a turma. No entanto na aula 3 existe uma atividade a ser realizada para calcular a densidade linear da corda, poderá se utilizar de tal atividade para explorar na aula 4.

Os exercícios aqui propostos foram todos retirados de questões de concursos públicos de todo o Brasil para níveis diferentes e bancas diferentes, mostrando que os assuntos aqui mostrados são importantes. Segue os exercícios propostos resolvidos

Exercícios proposto resolvidos

1. **(EEAR-2020 adaptada)** As ondas sonoras podem se propagar em diversas frequências. Considerando as qualidades do som, analise as afirmações a seguir.

I – O som é mais grave quanto maior for a sua frequência.

II – Sons de mesma altura e mesma intensidade emitida por fontes sonoras distintas podem ser diferenciados através de seus respectivos timbres.

III – Dizer que uma mulher tem voz aguda é o mesmo que dizer que o som que é emitido por ela é de alta intensidade.

Está correto o que se afirma em:

- a) II, somente
- b) I, somente
- c) I, II e III
- d) II e III

R: Item I falso - som é mais agudo quanto maior for a sua frequência.

Item II – verdadeiro - Sons de mesma altura e mesma intensidade emitida por fontes sonoras distintas podem ser diferenciados através de seus respectivos timbres.

Item III – **falso** - Dizer que uma mulher tem voz aguda é o mesmo que dizer que o som que é emitido por ela é de alta **frequência**.

2. **(ITA–2021 adaptada)** Um violão é um instrumento sonoro de seis cordas de diferentes propriedades, fixas em ambas as extremidades, acompanhadas de uma caixa de ressonância. Diferentes notas musicais são produzidas tangendo uma das cordas, podendo-se ou não alterar o seu comprimento efetivo, pressionando-a com os dedos em diferentes pontos do braço do violão. A respeito da geração de sons por esse instrumento são feitas as seguintes afirmações:

I – Uma corda de nylon e uma de aço, afinadas na mesma frequência fundamental, geram sons de timbres distintos.

II – Ao pressionar uma corda do violão, o musicista gera um som de frequência maior e comprimento de onda menor em comparação ao som produzido pela corda tocada livremente.

III – Quando o musicista pressiona a corda do violão, quanto mais próxima da “boca” do violão mais grave é o som.

Considerando V como verdadeiro e F como falsa, as afirmações são respectivamente.

- a) FVF
- b) VFV
- c) VVF
- d) VVV

R: item I –verdadeiro- Uma corda de nylon e uma de aço, afinadas na mesma frequência fundamental, geram sons de timbres distintos.

Item II – verdadeiro - Ao pressionar uma corda do violão, o musicista gera um som de frequência maior e comprimento de onda menor em comparação ao som produzido pela corda tocada livremente. comprimento de onda e frequência são grandezas inversamente proporcionais, quando a corda pressionada ela terá um comprimento menor do que ela solta.

Item II – falso - Quando o musicista pressiona a corda do violão, quanto mais próxima da “boca” do violão mais **agudo** é o som.

Resposta letra c)

3. **(NUCEPE/UESPI–SEMEC-2019)** A altura de um som musical corresponde à sensação que permite distinguir os sons mais graves dos mais agudos. Qual é, então a característica física de uma onda sonora associada à altura do som?

- a) Volume
- b) Frequência
- c) Amplitude.
- d) Intensidade

**R: Altura: Alto (agudo) ou baixo (grave) relacionado à frequência
resposta letra b)**

4. **(FUNDEP-2019)** Considere que João está gritando quando seu professor de Física entra na sala de aula. Aproveitando a última aula sobre ondas sonoras, seu professor o adverte:

“- João, que som forte e baixo! De longe reconheci seu timbre!”

As palavras destacadas na fala do professor se referem, respectivamente, a

- a) Amplitude, frequência e forma da onda.
- b) Forma da onda, amplitude e frequência.
- c) Frequência, amplitude e forma da onda.
- d) Comprimento de onda, frequência e forma a onda.

R: qualidades fisiológicas do som intensidade: forte ou fraco relacionado a amplitude.

Altura: Alto (agudo) ou baixo (grave) relacionado à frequência. Timbre: qualidade que identifica a fonte sonora. Relacionado a onda resultante de outras.

Resposta letra a)

5. **(EEAR–2019)** Assinale a alternativa que completa INCORRETAMENTE a frase abaixo.

Em uma orquestra formada por vários instrumentos musicais é possível que instrumentos diferentes emitam sons com _____ iguais.

- a) Timbres
- b) Frequências
- c) Intensidades
- d) Comprimentos de ondas

R: qualquer fonte sonora pode ter: frequências; intensidades; comprimentos de ondas iguais às outras, mas o timbre não.

Como a questão quer a INCORRETA resposta letra a)

6. **(CPCON UEPB–Prefeitura de Cuitegi-2019)** O som é uma onda longitudinal, que se propaga em um meio material, sendo que, para ser produzido, um corpo material tem que vibrar. Por exemplo: quando uma pessoa fala, o som que ela emite é produzido pelas vibrações de suas cordas vocais. Sobre os fenômenos sonoros são feitas as seguintes afirmações.

I – O som pode se propagar em um meio material qualquer, entretanto, ao contrário do que acontece com a luz, o som não se propaga no vácuo.

II – Quando um rádio está ligado com seu volume máximo, dizemos que o som por ele emitido é de grande intensidade.

III – A frequência de um som caracteriza sua percepção como grave ou agudo. Um som de pequena frequência é agudo e um som de grande frequência é grave.

É verdade o que se afirma apenas em

- a) I e II
- b) I
- c) II
- d) II e III
- e) III

R: Item I – verdadeiro : O som pode se propagar em um meio material qualquer, ao contrário do que acontece com a luz, o som não se propaga no vácuo.

Item II – verdadeiro: Quando um rádio está ligado com seu volume máximo, dizemos que o som por ele emitido é de grande intensidade.

Item III – falso: A frequência de um som caracteriza sua percepção como grave ou agudo. Um som de pequena frequência é **grave** e um som de grande frequência é **agudo**.

Resposta letra a)

7. **(EEAR-2020)** Um professor de música esbraveja com seu discípulo: “Você não é capaz de distinguir a mesma nota musical emitida por um violino e por uma viola!”. A qualidade do som que permite essa distinção à que se refere o professor é a (o)

- a) Altura.
- b) Timbre.
- c) Intensidade.
- d) Velocidade de propagação.

R: A qualidade fisiológica que identifica o som é o timbre

Resposta letra b)

8. **(IDECAN–SEARH-2016 adaptada)** Uma corda de violão de comprimento L produz ao ser tocada um som cuja frequência é 247,5 Hz. Diminuindo pela metade o comprimento da parte vibrante, o novo som produzido ao se tocar essa corda de acordo com a tabela corresponde à nota:

Nota	Frequência (Hz)
dó	264
ré	297
mi	330
fá	352
sol	396
lá	440
si	495
dó	528

- a) Dó
- b) Ré
- c) Sol
- d) Si

R: por ser o mesmo material a velocidade de propagação será a mesma então ao analisarmos a fórmula $v = \lambda f$, podemos ver que o comprimento de onda e a frequência são grandezas inversamente proporcionais. Sendo assim a frequência irá ser dobrada. $247,5 \times 2 = 495 \text{ Hz}$.

Resposta letra d)

9. (IFPA-Técnico de laboratório-2016) Um violinista com o intuito de afinar seu violão utiliza um diapasão de 440 Hz, o qual, se aproximando de uma das cordas, de comprimento 1,0 m, esta entra em ressonância formando um padrão de onda estacionária contendo cinco nós e quatro ventres (4º harmônico). Dessa forma, a velocidade da onda na referida corda, em m/s, vale:

- a) 55
- b) 110
- c) 220
- d) 440
- e) 880

R: para o 4º harmônico temos: $\frac{4\lambda}{2} = 1 \rightarrow \lambda = \frac{1}{2}$

$$v = \frac{440}{2} = 220$$

Letra b)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa sequência didática foi elaborada como uma proposta de ensino para os professores de ensino médio que pretendem dar uma aula diferenciada, buscando uma interdisciplinaridade com a música. Nesse aspecto, pela tendência natural humana pelo gosto da música, os alunos tendem a estarem mais abertos para o aprendizado e a partir daí o professor colocará os conceitos físicos aqui abordados.

A sequência foi concebida de modo que as primeiras aulas são conhecimentos e conceitos que serão usados na últimas aulas, assim como no experimento. O material é uma sugestão, mas pede-se que os conceitos sejam ministrados de modo cronologicamente iguais.

Vale salientar que o produto aqui apresentado de nenhuma forma está acabado, pois ele serve como um guia, material de apoio e pode ser usado parcial ou integralmente, ficando a critério do educador como irá usar o presente material. Podem-se usar simuladores, outros experimentos que enriqueçam as aulas.

Por fim, é de grande estima que ao menos esse trabalho, inspire professores a darem aulas agradáveis, e os inspirem a partir desse produto a produzirem outros trabalhos com as mesmas ideias.

REFÊRENCIAS

CHIERECCHI, R. O Som da Física. 2013. 224 p. Dissertação (Mestrado Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo.

(CAVALCANTE, 2004) M. A. Cavalcante, C. R. C. Tavoraro, **Ondulatória e acústica através de experimentos assistidos por computador**. In: Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, Jaboticatubas, MG, 2004.

CAVALCANTE, M. A.; PEÇANHA, R.; TEIXEIRA, A. C. **Ondas estacionárias em cordas e determinação da densidade linear de um fio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 2, 2013.

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J., **Fundamentos de física 2**. 9ª edição, vol. 2, editora LTC, 2012.

H. Moysés Nussenzveig, Curso de Física Básica 2: **Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**, 4a edição, Editora Edgard Blücher, 2002

PRADO, L. A. G. *Matemática, física e música no Renascimento: uma abordagem histórico-epistemológica para um ensino interdisciplinar*. 2010. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Matemática) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PEREIRA, R. A. *A física da música no renascimento: uma abordagem histórico-epistemológica*. 2010. 107 p. Dissertação (Mestrado Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo