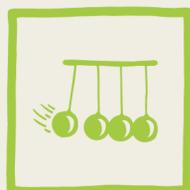


meSalva!



# ONDULATÓRIA



MESOPOTÂMIA  
ASPECTOS CULTURAIS

AFIXOS

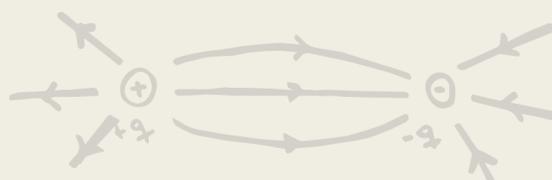
CONTROLADO

MENTE

SUFIXO

QUAL DE  
REGIÃO

CAFETERIA



MÓDULOS CONTEMPLADOS

- ✓ IOND - Introdução e classificação das ondas
- ✓ ELON - Elementos das Ondas e Espectro Eletromagnético
- ✓ FOAA - Fenômenos ondulatórios I (reflexão, refração e difração)
- ✓ FOBA - Fenômenos ondulatórios II (polarização, interferência e batimento)
- ✓ OERA - Ondas estacionárias e ressonância
- ✓ SOMM - Acústica (Som)
- ✓ DOPP - Efeito doppler
- ✓ EOND - Exercícios de ondulatória
- ✓ TOND - Tópicos especiais e deduções em ondulatória
- ✓ HOND - Exercícios nível hard de ondulatória
- ✓ POND - Ondulatória na prática



meSalva!



CURSO

EXTENSIVO 2017

DISCIPLINA

FÍSICA

CAPÍTULO

**ONDULATÓRIA**

PROFESSORES

**EDUARDO GRABIN**



## ONDULATÓRIA

E aí, galera do Me Salva!

Nessa apostila estudaremos algo que certamente vocês já ouviram falar, estudaremos as ondas! Ondas, o que é isso? Tenho certeza que a primeira coisa que veio à cabeça de vocês foram as ondas do mar, não é verdade?. E isto está perfeitamente correto, também estudaremos essas ondas! Mas elas são apenas uma particularidade de um grande universo de tipos de ondas que existe.

Já parou para pensar como funciona o rádio da sua casa? Será que ele simplesmente começa a fazer barulho do nada? Claro que não! Existe um sinal que é transmitido e chega até ele. E adivinhe, esse sinal também é um tipo de onda! Uma onda eletromagnética. Ainda envolvendo o rádio, vocês também podem se questionar: como nós percebemos esse barulho que o rádio faz? Isso é muito simples: através do som! A grande novidade vem agora: o som também é uma onda! Uma onda mecânica.

Espera aí! Como essas duas coisas podem ser ondas mesmo sendo tão diferentes das ondas do mar? É exatamente isso que trataremos nesta apostila! Aqui você vai aprender a diferenciar e analisar todos os tipos de onda que podemos encontrar em nossas vidas! Todos preparados? Vamos lá!

## ONDULATÓRIA

Bom, já sabemos que a Ondulatória é a parte da Física que trata das ondas, certo? Mas espera aí, o que exatamente são as ondas? Como já percebemos na introdução desta apostila, todos nós já temos uma definição sobre as ondas, certo?. Pois então, a Física também tem, e é fundamental que você tenha a conheça. Dizemos na Física que as ondas são movimentos oscilatórios que acontecem através da perturbação de um meio. Outra coisa muito importante que já precisamos saber é que, através de seu movimento, as ondas não transportam matéria, apenas energia.

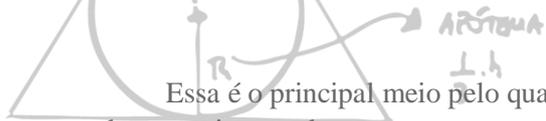
### CLASSIFICAÇÃO DAS ONDAS

Ondas sonoras, ondas de rádio, microondas, ondas do mar... Como você pode ver, existem diversos tipos de ondas em nosso cotidiano, uns muito distintos dos outros. Mas sabe o que é o mais interessante? Apesar de parecem tão diferentes umas das



outras, todas as ondas podem ser divididas e classificadas conforme dois parâmetros: sua natureza e sua forma de propagação.

## NATUREZA DA ONDA



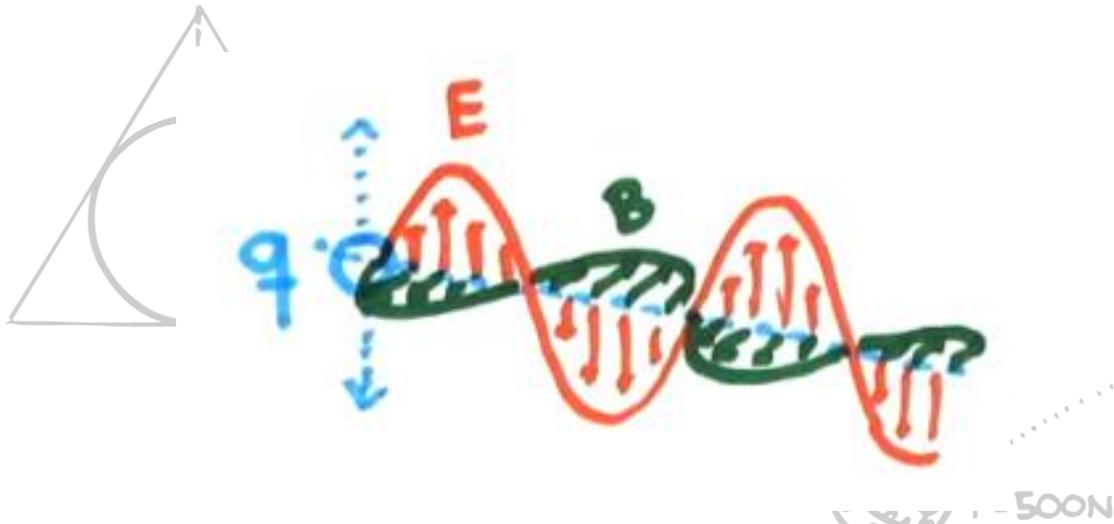
Essa é o principal meio pelo qual classificaremos as ondas. Analisando qualquer onda que exista, podemos ter uma certeza: ou ela será de natureza mecânica ou ela será de natureza eletromagnética. Mas e na prática, como podemos saber qual é a natureza de uma onda? Ou então quais são as diferenças entre esses dois tipos? É exatamente isso que estudaremos agora!

- ✓ **Ondas Mecânicas:** ondas de natureza mecânica são perturbações em um meio material, ou seja, elas se propagam através de qualquer material que possua moléculas. Esses materiais podem ser os mais diversos, desde água, ar e óleo até um barbante ou um fio feito de ferro! Sabendo disso podemos chegar em uma conclusão bem importante: esse tipo de onda não se propaga em meios sem material, como o vácuo que existe no espaço. Exemplos de ondas dessa natureza são os mais diversos, desde as ondas do mar e o som que escutamos até as ondas de propagação de uma mola!



- ✓ **Ondas Eletromagnéticas:** Para entendermos esse tipo de ondas vamos precisar utilizar um pouco dos conhecimentos que adquirimos lá na apostila de Eletromagnetismo: as ondas eletromagnéticas são perturbações em campos elétricos e magnéticos. Imagine que, ao invés de uma corda oscilando, temos as linhas de campo elétrico e magnético mudando de direção constantemente. Mas espera aí, como isso acontece? O modo mais comum de gerar esse tipo de ondas é através da oscilação de cargas elétricas. Estranho, não é? Pois é, mas apesar de parecerem ondas tão incomuns, este tipo está mais presente em nosso dia a dia do que você imagina! Praticamente toda tecnologia que utilizamos funciona através de ondas eletromagnéticas, desde as ondas de rádio até o sinal de celular e a wi-fi.

Uma grande diferença em relação às ondas mecânicas é que as ondas eletromagnéticas oscilam em duas direções e podem se propagar, não somente em meios materiais, mas também no vácuo!



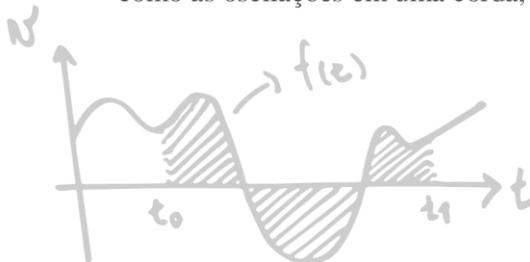
**Curiosidades!** Se alguma vez você já olhou Star Wars, Star Trek ou então qualquer outro filme de ficção científica, com certeza deve ter visto aquelas explosões de naves que acontecem no espaço e geram um barulhão, certo? E nós te dissermos que existe um erro físico nessas explosões, você consegue identificá-lo? Uma dica: lembre o que aprendemos sobre as ondas mecânicas! Agora ficou mais fácil, não é? Para responder isso basta você lembrar que o som é uma onda mecânica e que este tipo de onda não se propaga no vácuo. É justamente aqui que está o erro! As explosões realmente podem acontecer no espaço; entretanto, elas não geram som algum!

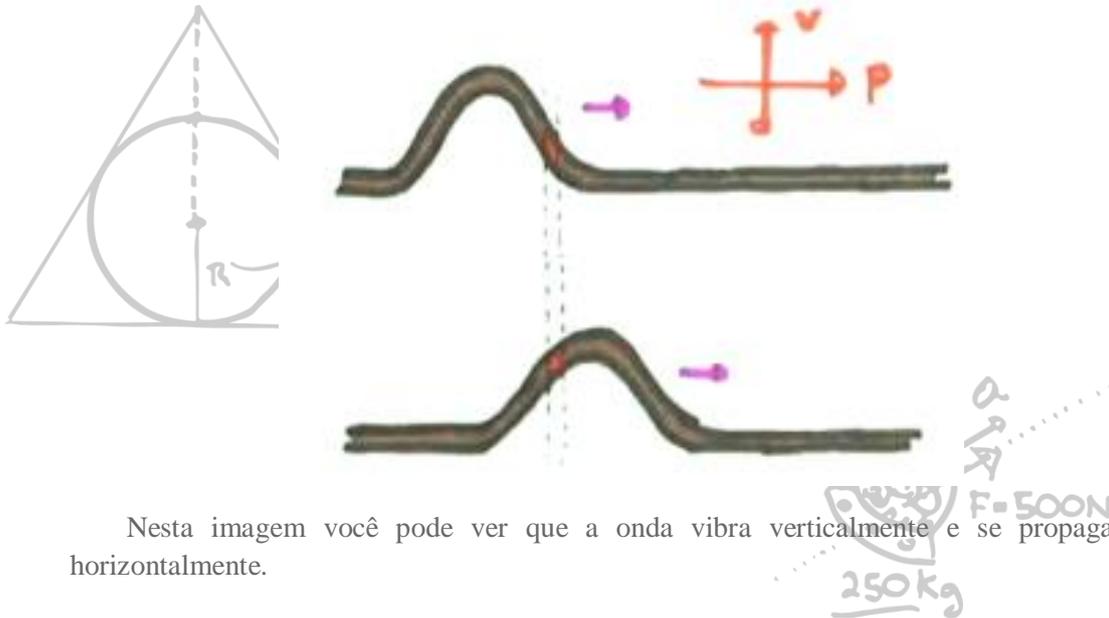
Então já sabe né: se alguém te disser que a velocidade do som é de 340m/s e perguntar quanto tempo demoraríamos para ouvir, aqui na Terra, uma explosão que acontecesse lá na Lua, você deve responder que nós nunca ouviremos barulho algum dessa explosão!

## FORMA DE PROPAGAÇÃO

Outro modo de classificarmos as ondas é através da forma como elas se propagam: as ondas podem ser transversais ou longitudinais.

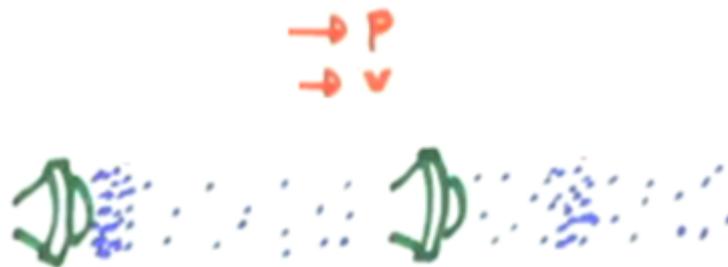
- ✓ **Ondas Transversais:** este tipo de onda se configura pela direção de vibração ser perpendicular à direção de propagação. Pareceu complicado? A imagem a seguir vai te ajudar a entender isso! Todas as ondas eletromagnéticas e algumas mecânicas, como as oscilações em uma corda, são transversais!





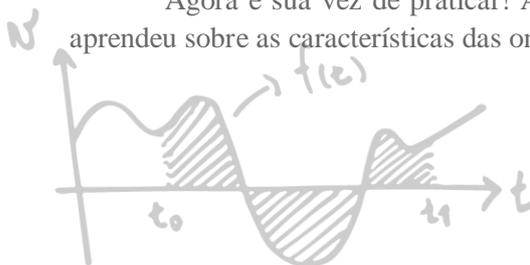
Nesta imagem você pode ver que a onda vibra verticalmente e se propaga horizontalmente.

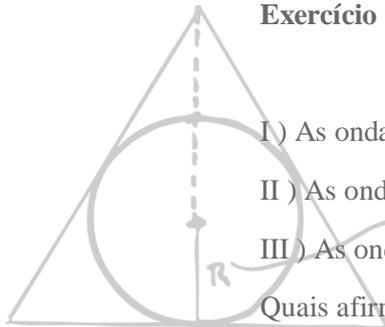
- ✓ **Ondas Longitudinais:** essa classificação é dada para ondas em que a vibração é paralela à direção de propagação. Alguns exemplos são as ondas de compressão em uma mola e a propagação do som nos gases e nos líquidos. Te liga nessa imagem aqui embaixo, ela mostra o movimento das moléculas de ar causado pela vibração de um alto falante.



Percebeu que tanto o alto falante quanto as moléculas se movem na mesma direção? Ambos se movem horizontalmente!

Agora é sua vez de praticar! Aproveite estes exercícios para testar o que você aprendeu sobre as características das ondas:





**Exercício 01:** Considere as afirmações abaixo:

- I) As ondas transportam matéria.
- II) As ondas mecânicas necessitam de um meio material.
- III) As ondas eletromagnéticas necessitam de um meio material.

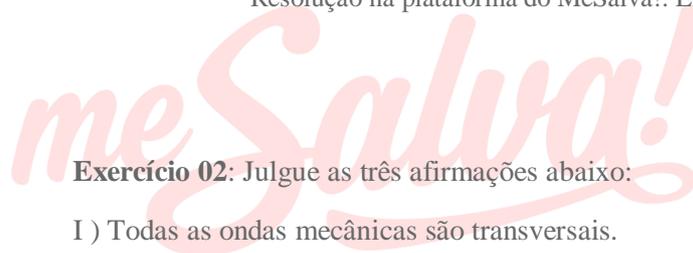
Quais afirmações estão corretas?

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



Correta: B

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício IOND02EX1

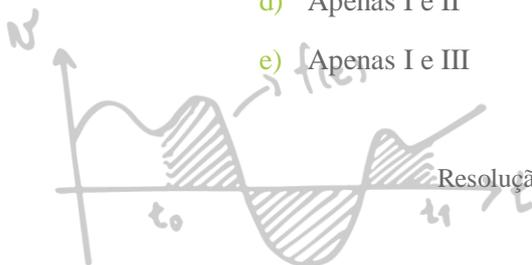


**Exercício 02:** Julgue as três afirmações abaixo:

- I) Todas as ondas mecânicas são transversais.
- II) A perturbação do campo elétrico gera uma onda eletromagnética, cuja é uma onda transversal.
- III) A propagação no mesmo sentido da vibração configura uma onda transversal.

Quais afirmações estão incorretas?

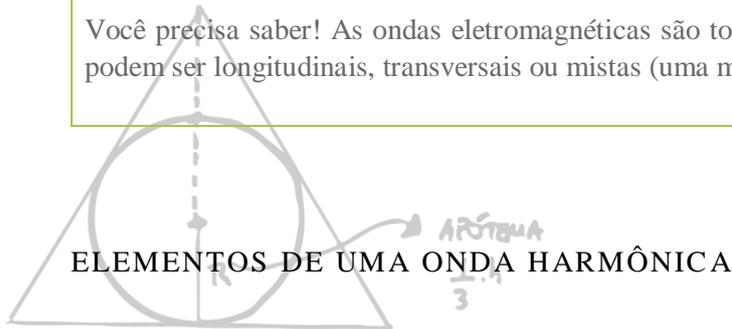
- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas III
- d) Apenas I e II
- e) Apenas I e III



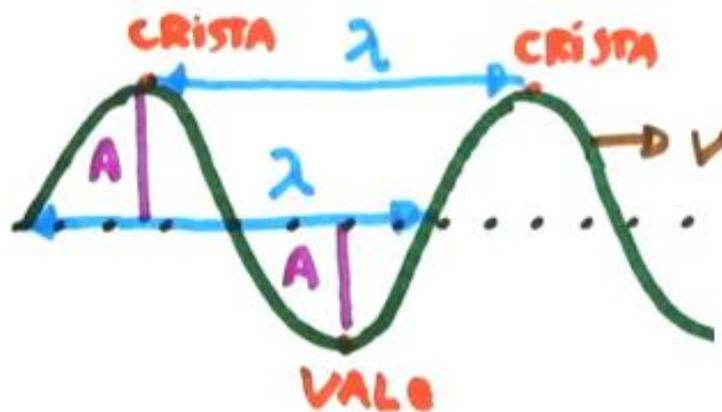
Correta: E

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício IOND04EX1

Você precisa saber! As ondas eletromagnéticas são todas transversais. As mecânicas podem ser longitudinais, transversais ou mistas (uma mistura das duas coisas).

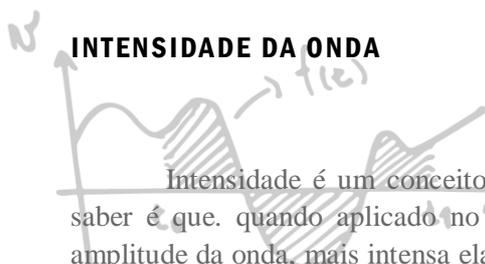


Outra coisa muito importante que você precisa saber é que existem algumas peculiaridades que caracterizam cada uma das ondas que existem no nosso universo. São os chamados elementos de onda, que veremos individualmente agora!



**AMPLITUDE (A)**

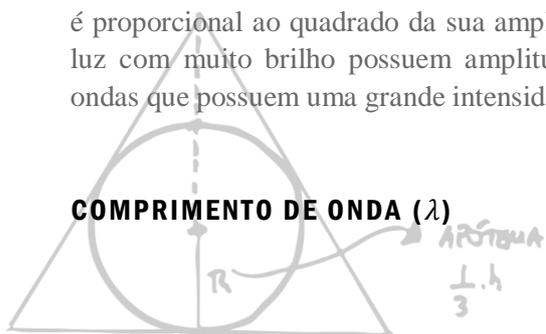
Chamamos de amplitude a “altura” máxima que a onda chega! Na imagem aqui em cima esse elemento é representado por (A). Uma maneira de encontrarmos essa amplitude é chamando o extremo superior de uma onda de “crista” e o extremo inferior de “vale”. A amplitude será sempre a metade da distância entre um vale e uma crista.



Intensidade é um conceito um pouco abstrato, concorda? O que você precisa saber é que, quando aplicado no universo das ondas, dizemos que, quanto maior a amplitude da onda, mais intensa ela é. Mais especificamente, a intensidade de uma onda



é proporcional ao quadrado da sua amplitude ( $\propto A^2$ ). Um som de maior volume e uma luz com muito brilho possuem amplitudes muito altas e, por isso, são exemplos de ondas que possuem uma grande intensidade.



### COMPRIIMENTO DE ONDA ( $\lambda$ )

O comprimento de onda está representado na imagem acima através da letra grega Lambda ( $\lambda$ ) é a distância entre o começo e o fim de uma oscilação completa. Também podemos pensar que é o tamanho de cada repetição. A distância entre duas “cristas” ou a distância entre dois “vales”. Esse valor varia de onda para onda e depende do meio em que a onda está se propagando. Caso uma mesma onda mude o meio em que ela se propaga, seu comprimento de onda irá variar!

### PERÍODO (T)

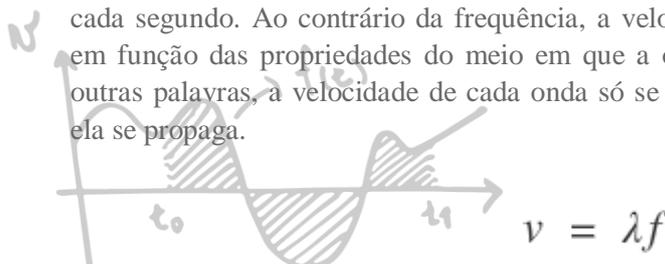
O período de uma onda é o tempo que a onda leva para completar uma oscilação. Como período é uma medida de tempo, sua unidade é segundos.

### FREQUÊNCIA (F)

A frequência de uma onda é o número de oscilações que uma onda faz a cada segundo. Também pode ser pensada com o inverso do período! A unidade que utilizamos para essa grandeza é o Hertz [Hz]. A frequência de cada onda é determinada única e exclusivamente pela fonte que a origina.

### VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO (V)

Esse conceito é fácil! Trata-se simplesmente de quantos metros a onda avança a cada segundo. Ao contrário da frequência, a velocidade de propagação é determinada em função das propriedades do meio em que a onda se encontra e de sua fonte. Em outras palavras, a velocidade de cada onda só se altera se mudarmos o meio por onde ela se propaga.



Essa equação que nos permite encontrar a velocidade de uma onda também nos permite comprovar do que ela depende. Como o comprimento depende do meio em que a onda se propaga e a frequência depende exclusivamente da fonte, podemos perceber que a velocidade é dependente de ambos!

**Muito importante!** Quanto mais próximas as moléculas estão em um meio, mais rápido as ondas mecânicas se propagam nele. Na prática isso quer dizer que as ondas mecânicas se propagam mais rápido em sólidos do que em líquidos e gases. O contrário acontece com as ondas eletromagnéticas, que se propagam com sua velocidade máxima no vácuo e muito lentamente em meios sólidos.

Vamos colocar isso em prática! Temos quatro exercícios sobre os elementos de onda para você testar o que estudou.

**Exercício 03:** Considere uma onda em corda, com amplitude  $A$  e uma certa intensidade. Agora aumente a amplitude dessa onda em  $2A$ . Qual a relação da intensidade final com a inicial?

- a) A intensidade final é duas vezes maior que a inicial.
- b) A intensidade final é quatro vezes maior que a inicial.
- c) A intensidade final é duas vezes menor que a inicial.
- d) A intensidade final é quatro vezes menor que a inicial.
- e) A intensidade inicial é quatro vezes maior que a final.

Correta: B

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício ELON02EX1

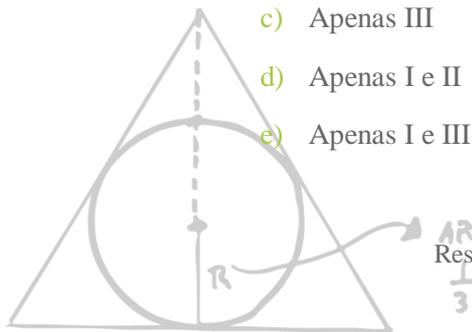
**Exercício 04:** Considere as afirmações abaixo:

- I) A velocidade é inversamente proporcional ao período.
- II) O comprimento de onda é somente a distância de uma crista a outra.
- III) O período é inversamente proporcional a frequência.

Quais afirmações estão corretas?

- a) Apenas I
- b) Apenas II





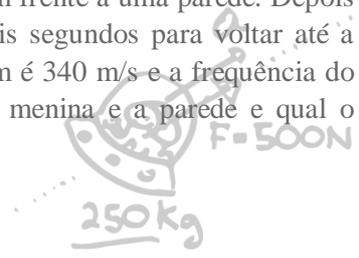
- c) Apenas III
- d) Apenas I e II
- e) Apenas I e III

Correta: E

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício ELON02EX2

**Exercício 05:** Uma menina está parada em frente a uma parede. Depois que ela grita, a onda de som demora dois segundos para voltar até a menina. Sabendo que a velocidade do som é 340 m/s e a frequência do grito é 680 Hz, qual a distância entre a menina e a parede e qual o comprimento de onda?

- a) 680m – 4 m
- b) 340m – 2 m
- c) 340m – 0,5 m
- d) 680m – 0,5 m
- e) 340m – 1 m

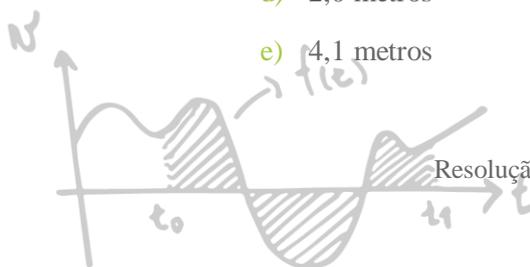


Correta: C

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício ELON04EX1

**Exercício 06:** Uma espécie de cobra detecta as vibrações no solo e no ar enquanto caça. Bem perto dali um rato está procurando comida. A cobra detecta as vibrações com uma diferença de tempo de 9,6 ms. A velocidade da onda no ar é 340 m/s e a velocidade da onda no solo é 1700 m/s. Qual a distância do rato até a cobra?

- a) 2,1 metros
- b) 0,15 metros
- c) 6,1 metros
- d) 2,0 metros
- e) 4,1 metros

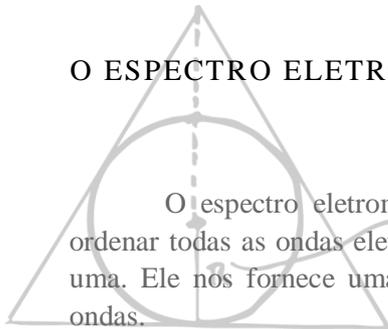


Correta: E

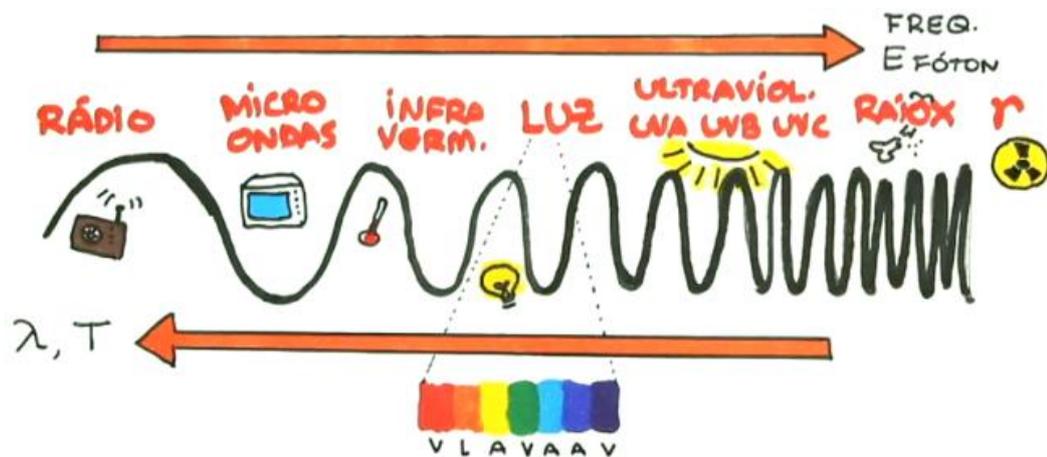
Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício ELON04EX2



## O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO



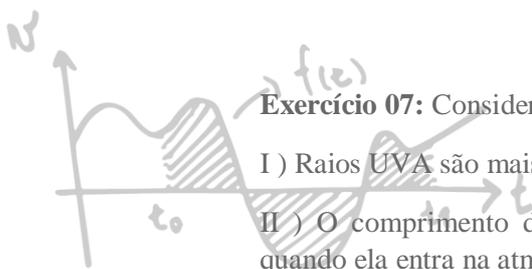
O espectro eletromagnético nada mais é do que um meio que nos permite ordenar todas as ondas eletromagnéticas conforme a magnitude dos elementos de cada uma. Ele nos fornece uma relação muito interessante sobre as características dessas ondas.



Esse espectro é criado através da ordenação dos tipos de onda em ordem crescente de suas frequências, colocando uma flecha da onda de menor frequência (ondas de rádio) para a onda de maior frequência (raios gama). E agora vem a grande jogada: como sabemos que o comprimento de onda e o período são inversamente proporcionais à frequência, então basta apenas invertermos a flecha que fizemos anteriormente para descobrirmos quais ondas possuem os menores e os maiores comprimentos de onda.

Como você pode perceber na imagem aqui em cima, o espectro também nos traz informações sobre as propriedades de todas as cores de luz visíveis! Basta seguir a mesma lógica dos tipos de ondas!

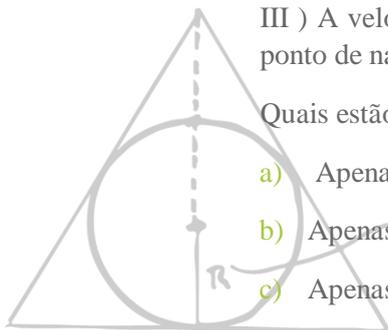
Vamos colocar isso na prática! Utilize o espectro eletromagnético para resolver o exercício abaixo!



**Exercício 07:** Considere as afirmações abaixo:

- I) Raios UVA são mais energéticos do que raios infravermelhos.
- II) O comprimento de onda de uma onda eletromagnética aumenta quando ela entra na atmosfera.





III ) A velocidade de uma onda eletromagnética é extremamente alta, a ponto de nada interferir em seu movimento..

Quais estão corretas?

- a) Apenas I
- b) Apenas II *ARISTOTELA*
- c) Apenas III  $\frac{1}{3} \cdot h$
- d) Apenas I e II
- e) Apenas I e III



Resolução na plataforma do MeSalva! Exercicio ELON06EX1

## FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

Agora estudaremos um dos tópicos mais importantes desta apostila, os fenômenos ondulatórios. Mas o que exatamente é isso? São basicamente alterações que acontecem nos elementos de uma onda quando ela muda de meio, encontra um obstáculo em seu caminho ou atinge uma superfície. Mas espera aí, qual é o motivo de isso ser tão importante? A presença desse fenômeno em nosso cotidiano! Estamos conectados a diversos deles todos os dias de nossa vida e, justamente por isso, eles certamente vão aparecer em todas as provas que você fizer. Preparado? Muita atenção e vamos lá!

### REFLEXÃO

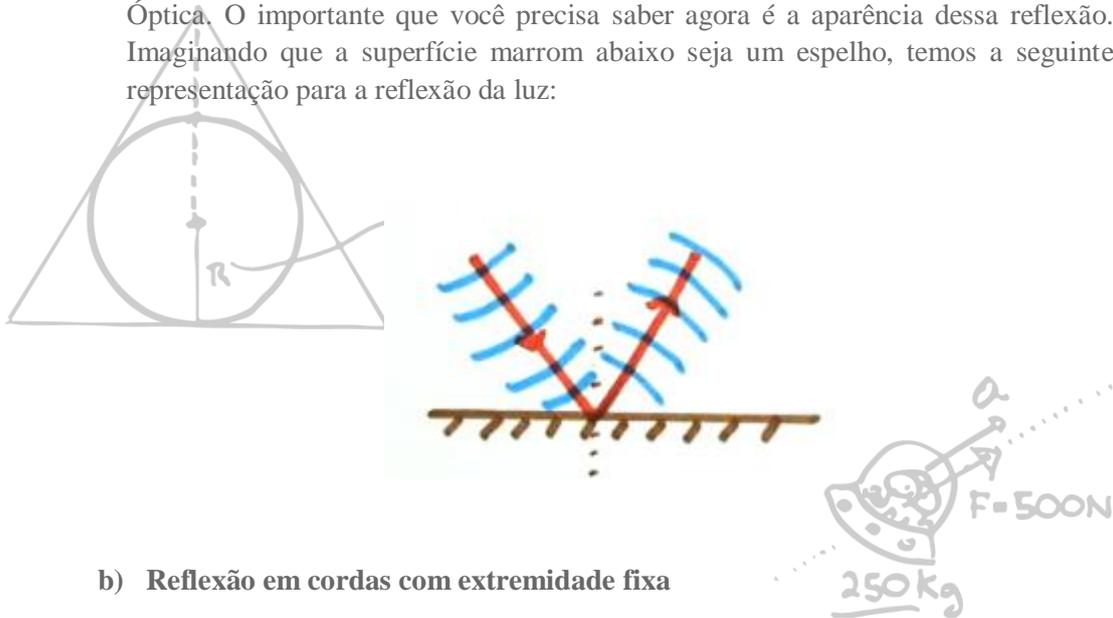
Este é um fenômeno em que a onda atinge uma superfície e muda sua direção. Entretanto aqui não há mudança de meio nem de fonte, então a frequência e o comprimento de onda não se alteraram. Consequentemente, a velocidade de propagação também permanece constante. Podemos separá-lo em dois tópicos: a reflexão da luz e a reflexão em cordas.

#### a) Reflexão da luz

Sabe quando estamos de frente para o espelho? Conseguimos nos ver porque a luz é uma onda e sofre reflexão! O que enxergamos no espelho é justamente o reflexo dos raios de luz! Abordaremos melhor e detalharemos esse tópico na apostila de



Óptica. O importante que você precisa saber agora é a aparência dessa reflexão. Imaginando que a superfície marrom abaixo seja um espelho, temos a seguinte representação para a reflexão da luz:



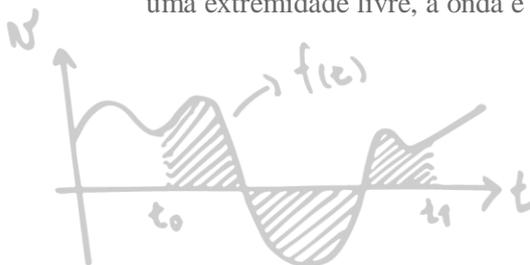
**b) Reflexão em cordas com extremidade fixa**

Quando uma oscilação em uma corda encontra uma extremidade fixa em uma superfície, ela é onda refletida com inversão de fase. Te liga na imagem abaixo, ela representa exatamente isto!



**c) Reflexão em cordas com extremidade livre**

Agora é o oposto do caso anterior! Quando a oscilação em uma corda encontra uma extremidade livre, a onda é refletida sem inversão de fase.





Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício sobre a reflexão para você testar o que estudou.

**Exercício 08:** Considere as afirmações a seguir:

- I ) A reflexão acontece sempre no mesmo meio.
- II ) Após uma reflexão apenas a direção do movimento se altera.
- III ) A reflexão em uma corda com a extremidade – onde a onda chega – fixa, ocorre apenas uma inversão de fase.

Quais afirmações estão corretas?

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

Correta: E

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício FOAA02EX1

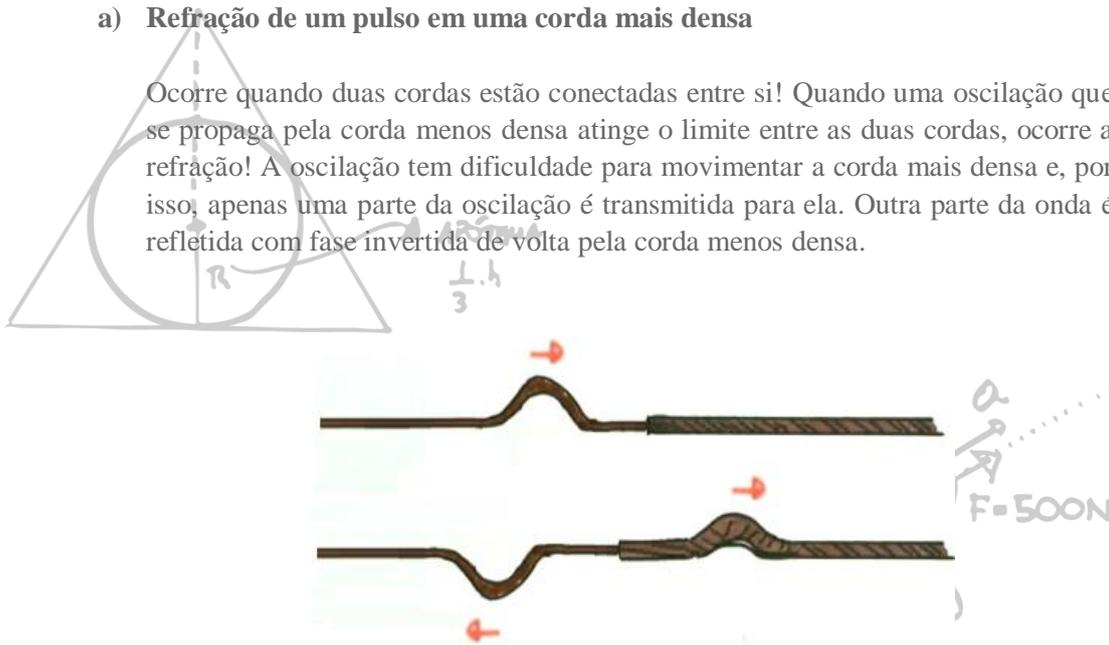
## REFRAÇÃO

Esse fenômeno ocorre quando a onda muda de meio de propagação. Sabemos que a frequência da onda depende exclusivamente da fonte, então ela não se altera. Mas espera aí! Lembra do comprimento de onda? Quando você foi apresentado a ele, foi dito que ele se altera conforme o meio de propagação, certo? É isso aí! Você já deve estar imaginando o que acontece! Neste fenômeno o comprimento de onda e a velocidade se alteram. Aqui também podemos separar em dois tópicos: a refração na superfície de um líquido e a refração em cordas de diferentes densidades.



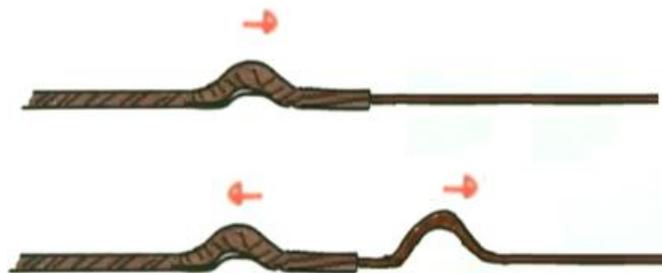
a) Refração de um pulso em uma corda mais densa

Ocorre quando duas cordas estão conectadas entre si! Quando uma oscilação que se propaga pela corda menos densa atinge o limite entre as duas cordas, ocorre a refração! A oscilação tem dificuldade para movimentar a corda mais densa e, por isso, apenas uma parte da oscilação é transmitida para ela. Outra parte da onda é refletida com fase invertida de volta pela corda menos densa.



b) Refração de um pulso em uma corda menos densa

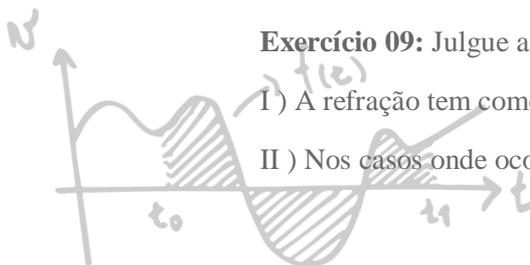
Mesma coisa do item anterior, ocorre quando duas cordas estão conectadas entre si! A diferença aqui é que a oscilação se propaga da corda mais densa para a menos densa! A corda menos densa oferece menos resistência à oscilação, assim a onda continua se propagando com a mesma fase. Além disso, uma parte da oscilação é refletida com a mesma fase de volta para a corda mais densa.



Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício sobre a refração para você testar o que estudou.

Exercício 09: Julgue as afirmações abaixo:

- I) A refração tem como característica a mudança de meio.
- II) Nos casos onde ocorre refração, acontece restritamente refração.

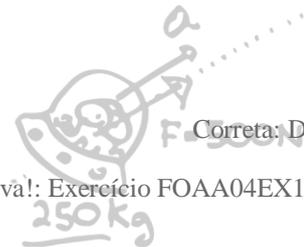




III ) Parte de um onda em uma corda fina é refratada para uma corda mais grossa, esta parcela da onda tem velocidade maior do que a parte que reflete na corda fina.

Quais afirmações estão incorretas?

- a) Apenas I *→ APOSTRÓFA*
- b) Apenas II *1/3 h*
- c) Apenas III
- d) Apenas I e III
- e) Apenas I e II

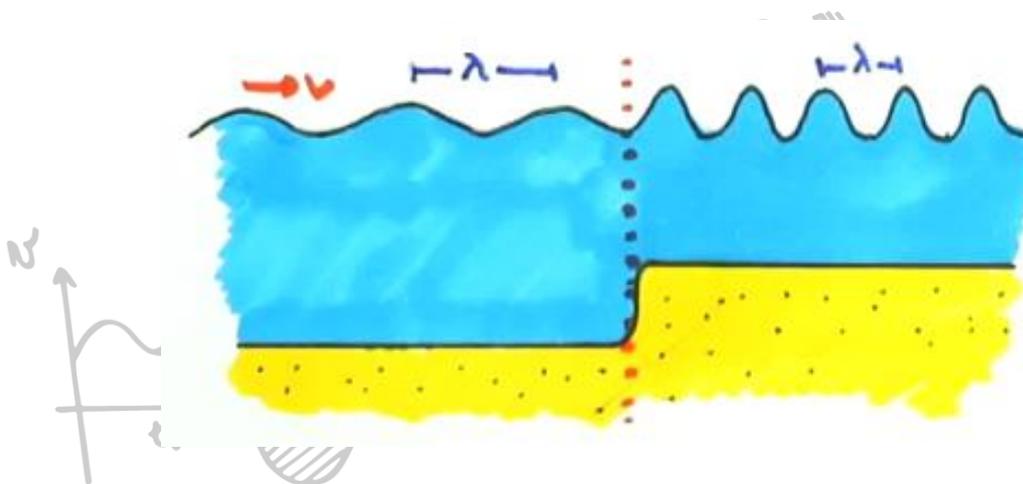


Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício FOAA04EX1

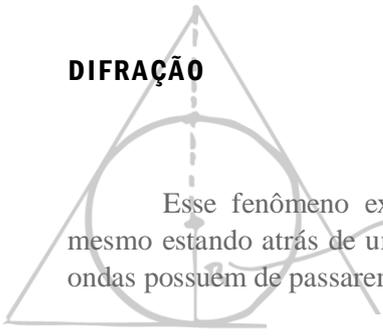
Você precisa saber! Quando estamos analisando problemas com cordas de diferentes densidades unidas, as oscilações sempre vão se movimentar mais rápido nas cordas com menor densidade!

### c) Ondas na superfície de um líquido com diferentes profundidades

Tenho certeza que você já presenciou isso enquanto estava na praia! Conforme as ondas se aproximam da costa e encontram profundidades menores, o atrito com o fundo remove energia das ondas. A onda freia, de forma que o seu comprimento reduz e a sua altura aumenta. Quando ficam altas demais, as ondas se quebram.



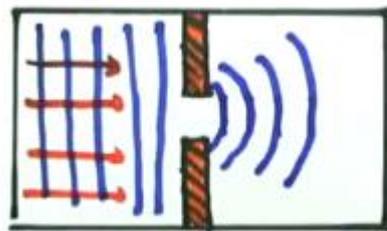
**DIFRAÇÃO**



Esse fenômeno explica como podemos escutar o que outras pessoas falam mesmo estando atrás de uma porta ou de um muro. A difração é a propriedade que as ondas possuem de passarem por obstáculos ou fendas!



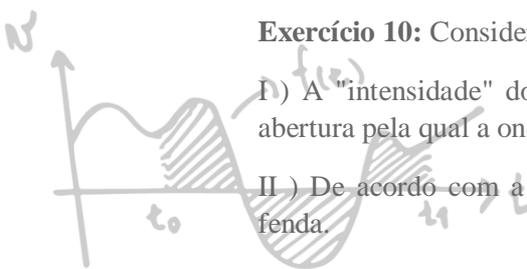
A figura clássica de difração cobrada nas provas está representada abaixo. O que você precisa saber é que, quanto maior a fenda e o comprimento de onda, maior a difração.

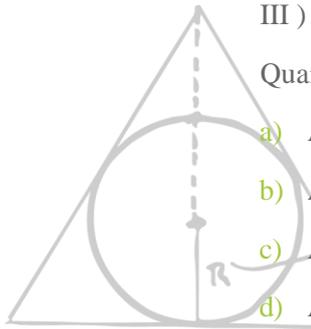


Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício sobre a difração para você testar o que estudou.

**Exercício 10:** Considere as afirmações a seguir.

- I.) A "intensidade" do fenômeno ondulatório da refração depende da abertura pela qual a onda contorna.
- II.) De acordo com a aula, a difração aumenta quando diminuimos a fenda.





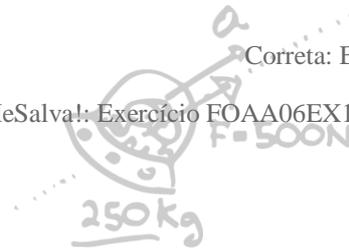
III ) Quanto menor o comprimento de onda menor a difração.

Quais estão corretas?

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

Correta: E

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício FOAA06EX1



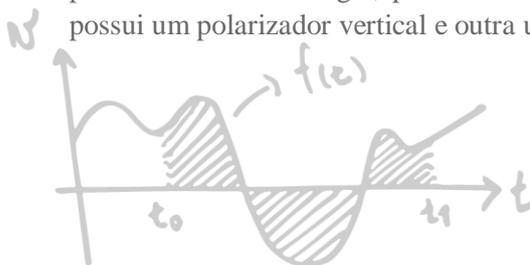
### POLARIZAÇÃO

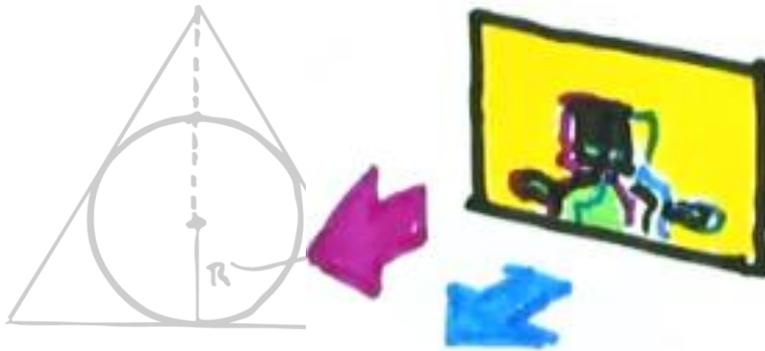
É a seleção de ondas que se propagam em um determinado plano. Esse fenômeno só acontece em ondas transversais. Em outras palavras, só existe polarização em ondas eletromagnéticas! Como não altera o meio nem a fonte, não há modificação da frequência e do comprimento de onda.



A imagem acima exibe exatamente o que é polarização! O polarizador representado em laranja possibilita que apenas as componentes verticais da onda atravessem.

Você já assistiu algum filme em 3D? Pois saiba que a polarização é o fenômeno por trás dessa tecnologia, pois as lentes dos óculos 3D são polarizadores. Uma lente possui um polarizador vertical e outra um polarizador horizontal!





Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício sobre a polarização para você testar o que estudou.

**Exercício 11:** Leia as afirmações a seguir.

I ) Um polarizador seleciona um plano de vibração.

II ) A polarização acontece somente envolvendo ondas eletromagnéticas.

III ) Se uma onda eletromagnética polarizada na vertical passa por um polarizador horizontal o resultado é uma onda polarizada no plano horizontal.

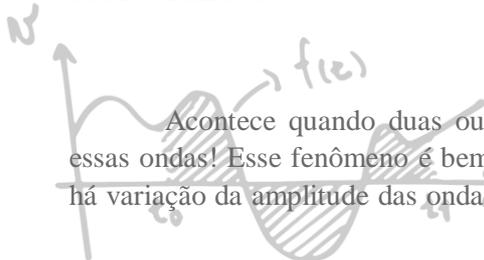
Quais estão incorretas?

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

Correta: D

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício FOBA02EX1

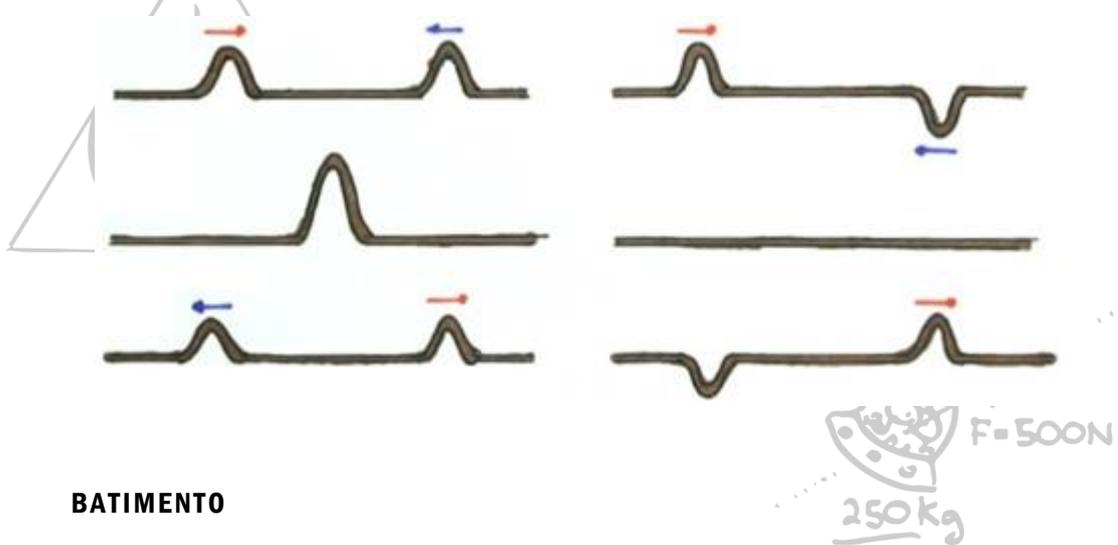
## INTERFERÊNCIA



Acontece quando duas ou mais ondas se encontram! É a superposição entre essas ondas! Esse fenômeno é bem simples de entender, basta seguir a lógica. Aqui só há variação da amplitude das ondas! Essa interferência pode ser construtiva (quando as

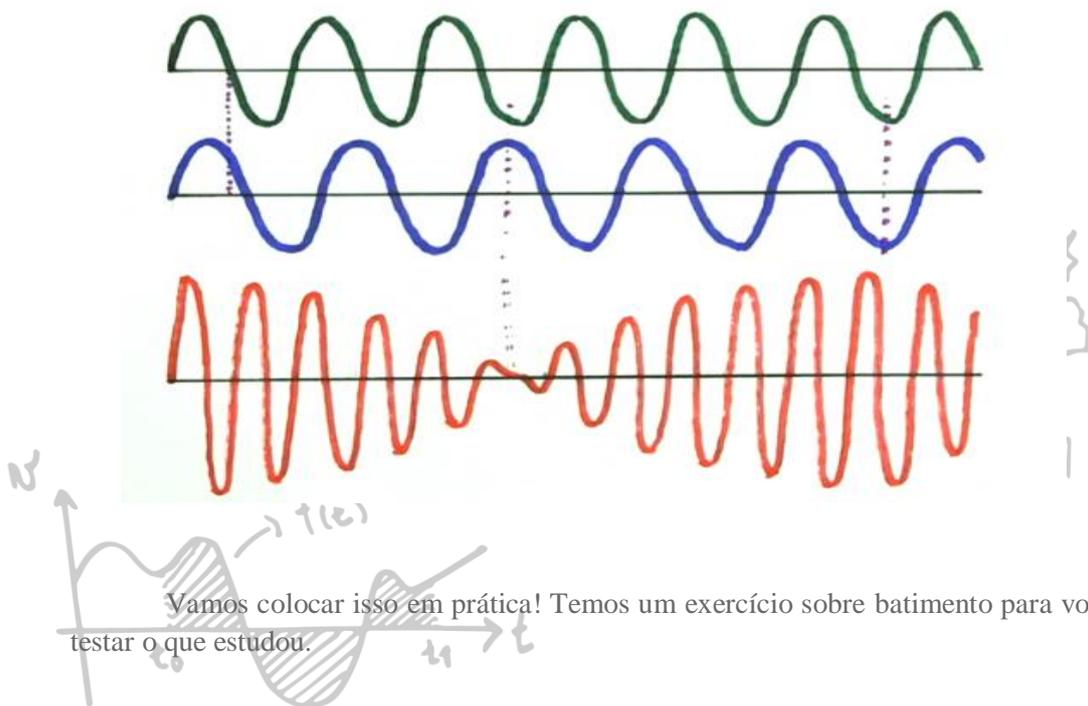


amplitudes das ondas se somam), como na imagem da esquerda, ou ser destrutiva (quando as amplitudes se subtraem), como exemplificado na figura à direita.



**BATIMENTO**

Esse fenômeno acontece quando ocorre o encontro de ondas com frequências próximas, produzindo uma onda de amplitude variável. Vamos entender isso melhor através de imagens! Notem que a primeira onda tem uma frequência levemente maior que a segunda. Quando as adicionamos, em alguns momentos a interferência é construtiva e em outros é destrutiva, produzindo a onda representada na terceira imagem. Essa terceira onda surge é o resultado do batimento!



Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício sobre batimento para você testar o que estudou.





**Exercício 12:** Em uma orquestra um violino toca a nota ré com comprimento de onda igual a 2,29 metros, enquanto um tubista tenta alcançar a mesma frequência. O tubista alcança 145,5 Hz, nota-se uma frequência de batimento, qual o valor dessa frequência de batimento? Considere a velocidade da onda 340 m/s.

Dica: A frequência de batimento pode ser calculada através da diferença entre a frequência mais alta e a mais baixa.

- a) 3,5 Hz
- b) 5,0 s<sup>-1</sup>
- c) 2,5 Hz
- d) 6,0 Hz
- e) 3,0 Hz

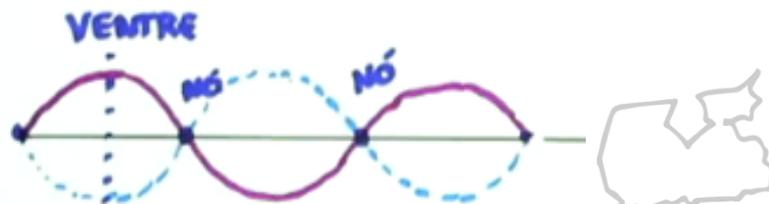


Correta: E

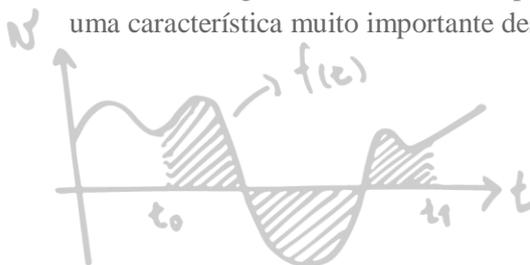
Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício FOBA06EX1

## ONDAS ESTACIONÁRIAS

Esse fenômeno é a soma de outros dois fenômenos que estudamos anteriormente: a reflexão e a interferência. Ele forma uma onda com um padrão vibratório específico e que não **transporta energia**.



A imagem acima é um exemplo de uma onda estacionária. Dela podemos tirar uma característica muito importante deste tipo de onda: os nós não se movem.



**RESSONÂNCIA**

É a tendência dos corpos de oscilar com amplitudes extremas em algumas frequências específicas. Essas frequências são chamadas de frequências naturais e dependem de várias propriedades do corpo, como material, geometria e a maneira como ele está fixado.

Você já deve ter ouvido a história sobre quebrar um copo cantando, certo? É justamente a aplicação deste fenômeno. A pessoa que está cantando atingiu uma nota musical específica com frequência igual a frequência natural do copo. Ao atingir essa frequência específica, o copo vibrou bruscamente e o vidro não aguentou!



Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício sobre ressonância para você testar o que estudou.

**Exercício 13:** Considere as afirmações abaixo:

- I ) As frequências naturais dependem da massa e da forma do objeto.
- II ) A ressonância ocorre de acordo com as frequências naturais do objeto.
- III ) Para que seja possível quebrar um copo gritando, precisa-se excitar as frequências naturais de alta energia através de ressonância.

Quais estão corretas?

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



Correta: E

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício OERA04EX1



## ACÚSTICA

Desde o início desta apostila você deve ter percebido que repetimos diversas vezes que o som é uma onda mecânica e que essa onda se propaga apenas em meios materiais, não é? Pois então, agora você vai entender o motivo pelo qual o “som” ganhou toda essa atenção. Era de extrema importância que você chegasse aqui com essas informações na ponta da língua! Mas por que isso? Justamente porque agora estudaremos uma área Física ondulatória dedicada exclusivamente pelo estudo do som e de suas propriedades: a Acústica!

### PROPRIEDADES ONDULATÓRIAS DO SOM

Você já pensou como conseguimos escutar a voz de outras pessoas? Ou como conseguimos escutar música? Isso acontece porque o som é uma onda mecânica e consegue se propagar no ar! Tanto nossas vozes quanto o barulho causado por um instrumento é transmitido aos nossos ouvidos através da vibração do ar! A fonte do som causa essa vibração, que chega até nossos ouvidos e é identificada e enviada ao nosso cérebro! A velocidade em que o som se propaga é de aproximadamente 340 m/s no ar em temperatura ambiente.



### CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DO SOM

Lembra dos elementos de onda? Pois então, nesta parte da apostila estudaremos como cada um dos elementos de uma onda sonora influencia no som percebido pelos nossos ouvidos!

#### a) Altura do som

Ao contrário do que você pode estar pensando, a altura não é o volume, é a nota musical, e isso depende da frequência. “Som alto” em Física significa som de



frequência alta, não “volume alto”. O “Som baixo” significa som grave, de frequência baixa, não “volume baixo”. Preste muita atenção nisso!

b) **Intensidade do som**

Essa sim é o que chamamos diariamente de volume! Como já vimos, depende apenas da amplitude da onda. Alta amplitude significa som forte e baixa amplitude significa som fraco.

c) **Timbre**

O Timbre depende do formato da onda. É o que nos permite distinguir instrumentos musicais e vozes de pessoas diferentes.

**Fato interessante!** A frequência de uma onda de som determina a nota musical, enquanto a frequência da luz é responsável por determinar a cor.

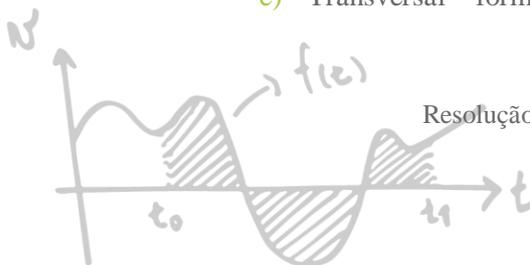
Vamos praticar? Temos dois exercícios para você aplicar o que acabamos de estudar:

**Exercício 14:** O som é uma onda \_\_\_\_\_, pelo fato de ela deslocar-se no sentido da vibração. A velocidade do som depende da \_\_\_\_\_ cuja age de forma a aumentar a "comunicação" entre as moléculas, assim como a distância entre as moléculas em um \_\_\_\_\_.

- a) Longitudinal – forma do objeto - Gás
- b) Latitudinal – temperatura - líquido
- c) Longitudinal – temperatura - Gás
- d) Longitudinal – temperatura - Sólido
- e) Transversal – forma do objeto - gás

Correta: D

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício SOMM02EX1





**Exercício 15:** Considere as afirmações abaixo:

- I) Quanto maior a amplitude menor é a intensidade da onda.  
 II) O timbre é o que possibilita a distinção por exemplo, entre os instrumentos musicais que emitem a mesma frequência.  
 III) O volume que percebemos é uma escala logarítmica, para causar uma variação considerável no número de decibéis é necessário aumentar muito a intensidade.

Quais estão incorretas?

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



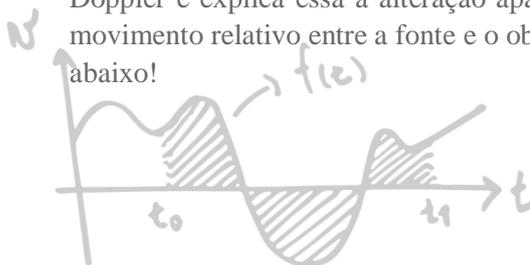
Correta: E

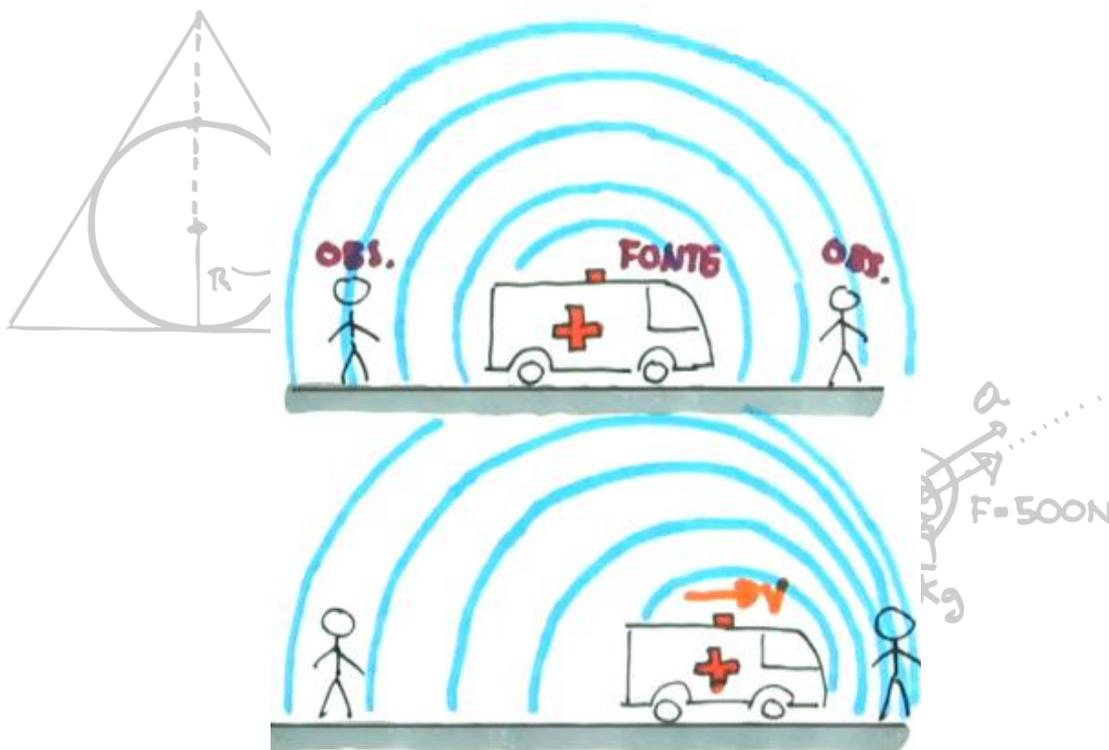
Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício SOMM04EX1

## EFEITO DOPPLER

Alguma vez você já percebeu que o som gerado pela sirene das ambulâncias parece mais agudo enquanto elas se aproximam de nós e mais graves quando elas estão se afastando? Caso você nunca tenha reparado isso, vale a pena você fazer o teste! Isso realmente é verídico e explicado pela Física. Mais especificamente pelo efeito Doppler, que aprenderemos agora!

Você lembra com qual elemento de uma onda sonora define se o som gerado é agudo ou grave? É a frequência! Pois então, unindo tudo que acabamos de aprender podemos deduzir uma coisa: o movimento da ambulância interfere na frequência com que nossos ouvidos recebem o som, concorda? Exatamente isso! O efeito Doppler explica essa alteração aparente da frequência de uma onda quando existe movimento relativo entre a fonte e o observador, exatamente como mostrado na imagem abaixo!





a) **Aproximação**

A frequência percebida pelo observador é maior do que a frequência emitida pela fonte. Quando se trata de uma onda sonora, o som percebido é mais agudo. Quando se trata de fonte luminosa, a luz se torna mais azulada.

b) **Afastamento**

A frequência percebida pelo observador é menor do que a frequência emitida pela fonte. Quando se trata de uma onda sonora, o som percebido é mais grave. Quando se trata de fonte luminosa, a luz se torna mais avermelhada.

c) **Equação do Efeito Doppler**

$$f_0 = \frac{v + v_0}{v + v_F} f_F$$

Em que:  $f_0$  é a frequência percebida pelo observador.

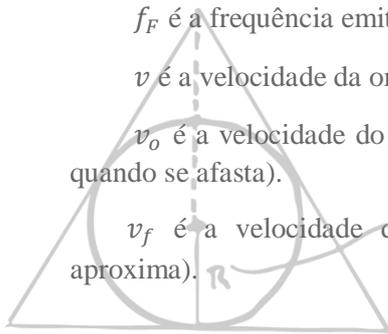


$f_F$  é a frequência emitida pela fonte.

$v$  é a velocidade da onda.

$v_o$  é a velocidade do observador (positiva quando se aproxima da fonte, negativa quando se afasta).

$v_f$  é a velocidade da fonte (positiva quando se afasta, negativa quando se aproxima).



## CONCLUSÃO

E aí, curtiu viajar por esse mundo das Ondas? Espero que sim! Nesta apostila você foi possível perceber que as ondas estão muito presentes em nossas vidas! Quem diria que as ondas do mar e o som teriam algo em comum?! Além disso, também descobrimos que a luz é uma onda. Mas espera aí! E se eu te contar que também podemos considerar a luz como apenas um raio? Mais interessante ainda, e se eu disser que existe um ramo da Física criado justamente para esse estudo? Sim, isso existe! Essa área de estudo é chamada de Óptica e é exatamente o que estudaremos em nossa próxima apostila!



meSalva!

