

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA MESTRADO PROFISSIONAL

Produto Educacional



.....

SEQUÊNCIA
DIDÁTICA PARA O
ENSINO DE
ONDULATÓRIA

.....

RITA DANIELA DIETERICH DOS SANTOS
ODILON GIOVANNINI JÚNIOR

Apresentação

Este documento é o produto educacional gerado no curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, como resultado da pesquisa intitulada “Aprendizagem Significativa de Ondulatória com Atividades Experimentais no Ensino Médio”.

O produto educacional consiste em uma sequência didática, na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa, voltada para o ensino de Ondulatória.

A temática de pesquisa que dá origem ao produto educacional surge da experiência da pesquisadora como docente de Física no Ensino Médio que, ao longo da sua trajetória profissional, tem identificado diversas possibilidades didáticas para aprimorar o ensino de “Ondas” e tornar a aprendizagem dos estudantes mais duradoura.

A UEPS está organizada em encontros sequenciais nos quais são propostas demonstrações práticas, atividades experimentais e situações-problemas a fim de engajar o estudante cognitivamente nas atividades e promover a aprendizagem significativa.



Assim, o presente produto educacional consiste em um material instrucional para os professores de Física do Ensino Médio e que pode ser modificado e aprimorado conforme seus contextos educacionais para possibilitar sua aplicação.

Esperamos, dessa forma, com a disponibilização deste produto educacional, contribuir para o aprimoramento das ações pedagógicas no ensino de Física.

Desejamos uma ótima leitura e estamos à disposição para auxiliar na aplicação desta proposta.

Cordialmente;

Profa. Rita Daniela Dietrich dos Santos
(ritaddieterich@gmail.com)

Prof. Odilon Giovannini (ogiovanj@ucs.br)



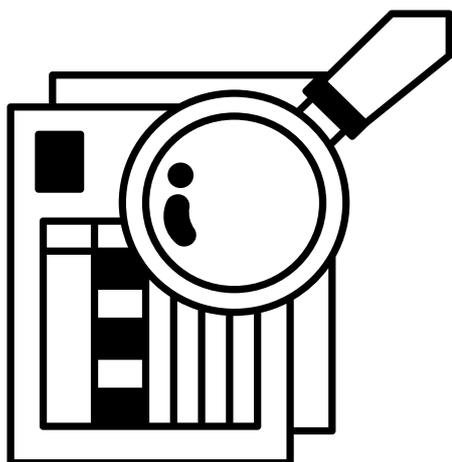
SUMÁRIO



Introdução
página 04

Breve introdução aos aspectos
teóricos da Aprendizagem
Significativa e da UEPS
página 05

A Unidade de Ensino
Potencialmente Significativa de
Ondulatória
página 08



Passo 1 página 09
Passo 2 página 10
Passo 3 página 12
Passo 4 página 14
Passo 5 página 15
Passo 6 página 17
Passo 7 página 19
Passo 8 página 20

Considerações Finais
página 21

BIBLIOGRAFIA
página 22

APÊNDICE A
página 23

APÊNDICE B
página 24

APÊNDICE C
página 26

INTRODUÇÃO

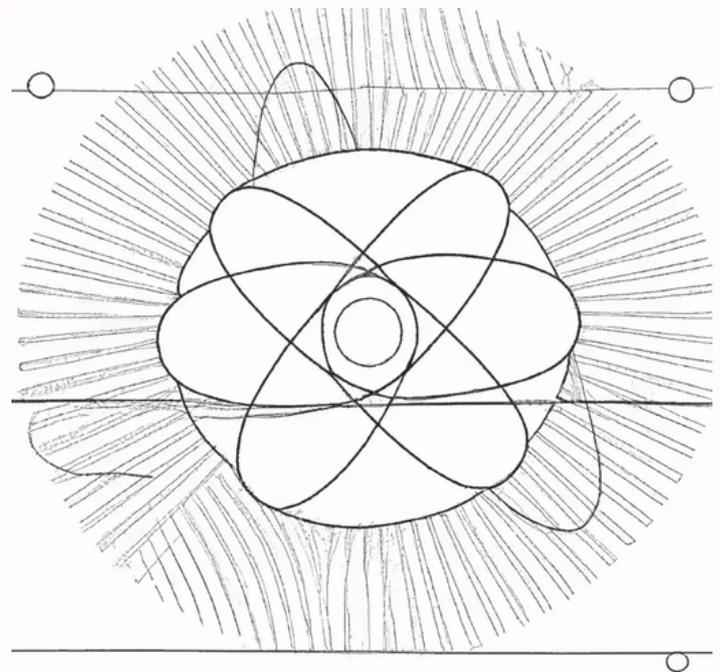
Este produto educacional contempla uma sequência didática na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS (MOREIRA, 2011) para auxiliar professores na sua prática pedagógica a partir da realização de demonstrações práticas e atividades experimentais, da utilização de recursos digitais e da proposição de situações-problemas no ensino de Ondulatória nas aulas de Física visando promover a aprendizagem significativa dos estudantes do Ensino Médio.

A UEPS pode servir de inspiração aos professores de Física como material pedagógico para abordar o tópico de Ondulatória, normalmente presente nos objetos de estudo do segundo ano do Ensino Médio ou pode ser adaptado de acordo com a realidade de cada ano, conforme a estrutura curricular da escola.

A UEPS de Ondulatória, aqui apresentada, está organizada de acordo com os oito passos sugeridos por Moreira (2011) e sua aplicação prevê 12 encontros, com períodos de aula de 50 minutos. No entanto, o professor pode fazer alterações no cronograma sugerido, conforme suas necessidades.

O texto, a seguir, está assim organizado: inicia-se com uma breve apresentação dos princípios estruturantes da Teoria de Aprendizagem Significativa e descrição dos oito passos da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; em seguida, descreve-se detalhadamente a proposta de UEPS voltada ao ensino de Ondulatória

O texto é finalizado com as considerações finais e referências bibliográficas.



BREVE INTRODUÇÃO AOS ASPECTOS TEÓRICOS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E DA UEPS

Com a publicação do livro “The psychology of meaningful verbal learning”, Ausubel, em 1963, apresentou formalmente a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).

Na TAS (AUSUBEL, 2003), a aprendizagem ocorre quando um novo conteúdo é incorporado às estruturas do conhecimento de um educando e adquire significado pessoal a partir da relação com seus conhecimentos prévios.

A aprendizagem significativa, neste sentido, resulta da interação entre uma nova informação (que se configura a um novo conhecimento) se relacionando de maneira não arbitrária (existe uma relação com o que já se conhece previamente) e não literal (sem memorização) com algum conhecimento relevante já existente na estrutura cognitiva do indivíduo, ampliando e reconfigurando o conhecimento, ou seja, ancorando as novas aprendizagens aos conhecimentos prévios de sua estrutura significativa.

A aprendizagem significativa, portanto, é a relação do que está sendo aprendido com o que o indivíduo já sabe, ou seja, seu conhecimento prévio. Os conhecimentos prévios, também chamados de subsunçores, podem ser mais completos ou específicos que os novos conhecimentos a serem estudados e ainda podem ser alterados e reorganizados durante o processo de construção do conhecimento. O conceito de subsunçor ou subsunçores está relacionado com as estruturas de conhecimento específicos da estrutura cognitiva.

A estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores inter relacionados e hierarquicamente organizados, é caracterizada por dois processos dinâmicos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

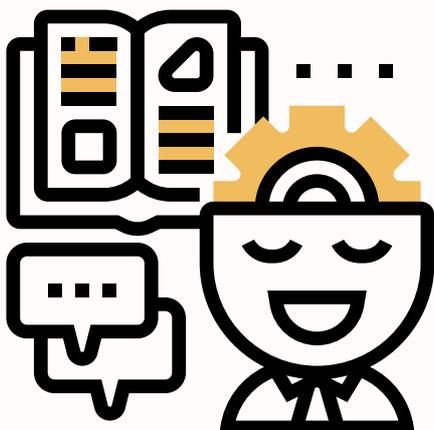
A diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor resultante da sucessiva utilização desse subsunçor. Através de sucessivas interações, um dado subsunçor vai, progressivamente, adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas (MOREIRA, 2011).



A reconciliação integradora, ou integrativa, por sua vez, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados e fazer superordenações.

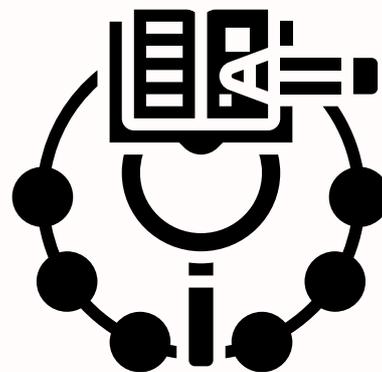
Quando se aprende de maneira significativa tem-se que progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos adquiridos a fim de perceber diferenças entre eles, mas é preciso também proceder a reconciliação integradora. Se apenas diferencia-se cada vez mais os significados, acaba-se por perceber tudo diferente. Se somente integra-se os significados indefinidamente, termina-se percebendo tudo igual. Os dois processos são simultâneos e necessários à construção cognitiva, mas parecem ocorrer com intensidades distintas (MOREIRA, 2011).

Nesse sentido, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são processos da dinâmica da estrutura cognitiva e que, necessariamente, precisam ocorrer para que o estudante possa atribuir significado ao conteúdo da matéria de ensino.



De acordo com Ausubel (2003), a partir da estrutura cognitiva, existem as seguintes condições para a ocorrência da Aprendizagem Significativa:

- 1) o material de aprendizagem de ser potencialmente significativo;
- 2) o educando ter a predisposição para relacionar o novo conhecimento com aquele já existente.



O material instrucional é potencialmente significativo pois é o aluno que atribui significados aos materiais de aprendizagem e a predisposição para aprender não se refere a alunos motivados e que gostem do objeto de estudo, mas sim a possibilidade de estabelecer uma relação com o novo conhecimento. Qualquer material pode ser significativo, vai depender do significado atribuído pelo aluno. Por exemplo, incentivar a experimentação em sala de aula aguça a curiosidade e dá continuidade para questionamentos e resoluções de temas pertinentes. Dessa forma, o novo ganha novos significados, se integra e se diferencia em relação aos significados existentes e assimila com novos conhecimentos, pois os conhecimentos prévios ou ideias âncoras podem ser mais completos que os novos conhecimentos e serem modificados para serem reorganizados de maneira significativa.

Para promover a aprendizagem significativa o professor deve compreender não apenas as fragilidades dos seus estudantes, mas também as potencialidades em atribuir significados aos conceitos científicos que se deseja ensinar, embasados naqueles presentes na sua estrutura cognitiva. Assim, considerando que o mais importante é o que o estudante já sabe, essas informações existentes podem tornar-se possíveis subsunçores que interagirão com os novos conceitos da matéria de ensino.

Cabe, então, ao professor encontrar a melhor forma para que isso ocorra, levando em conta que se a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são processos fundamentais da dinâmica da estrutura cognitiva, a facilitação desta aprendizagem em situações de ensino deverá usá-los como princípios programáticos da matéria de ensino (MOREIRA, 2011).

Neste sentido, com o objetivo de promover a aprendizagem significativa dos estudantes, Moreira (2011) propõe uma sequência didática, composta de oito passos, denominada Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, cujas estratégias e materiais utilizados são norteados pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Quadro 1: Passos para a construção da UEPS.

Passo 1	Definir o tópico específico a ser trabalhado. A estratégia utilizada deve identificar aspectos declarativos e procedimentais, e estar condizente com a realidade dos alunos.
Passo 2	Criar ou propor situações que levem os alunos a externalizar seu conhecimento prévio. As situações utilizadas são diversas, como por exemplo, questionário, mapa conceitual, reportagem, demonstração em sala de aula entre outros utilizados como um organizador prévio fazendo conexão com os conceitos que se pretende ensinar e o conhecimento do aluno aceito ou não no contexto da matéria de ensino no momento.
Passo 3	Propor situações-problema. Considerar o conhecimento prévio do aluno, utilizando um nível introdutório para o conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar.
Passo 4	Apresentar o conhecimento a ser ensinado. Levar em conta a diferenciação progressiva, dos aspectos mais gerais para os mais específicos.
Passo 5	Retomar os aspectos mais gerais, estruturantes que se pretende ensinar do conteúdo da unidade de ensino, utilizando um nível mais alto de complexidade em relação à situação anterior. O professor é mediador da aprendizagem, preferência para atividades colaborativas, para promover a reconciliação integradora, afim dos alunos utilizarem seus conhecimentos na resolução das situações propostas.
Passo 6	Retomar as características mais relevantes do conteúdo buscando a reconciliação integrativa. Utilizar situações com níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores. As atividades devem ser colaborativas e apresentadas ao grande grupo tendo o professor como mediador.
Passo 7	Avaliar a aprendizagem, ao longo da implementação da UEPS, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa.
Passo 8	A implementação de uma UEPS será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa. Essa é progressiva, ou seja, a ênfase é em evidências e não em comportamentos finais.



Para construir uma UEPS, contemplando os princípios da TAS acima descritos, Moreira (2001) orienta alguns aspectos sequenciais, dividido em oito passos, descritos no Quadro 1, podendo ser adaptado ao contexto em que for aplicada.

A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA DE ONDULATÓRIA

As atividades que compõem a UEPS relacionam conceitos, informações e situações teóricas e experimentais voltadas ao ensino de Ondulatória com a finalidade de despertar a curiosidade dos educandos e motivá-los ao estudo dos fenômenos ondulatórios, a partir das suas concepções prévias, promover a aprendizagem do objeto de estudo.

Dessa forma, a UEPS visa integrar atividades experimentais e estratégias de ensino e de aprendizagem proporcionando ao aluno condições para construir o conhecimento a partir do seu conhecimento prévio e tendo o professor como mediador do processo de aprendizagem.

O Quadro 2 apresenta uma síntese dos encontros propostos na UEPS, indicando o passo da UEPS, de acordo com Moreira (2011), a duração de cada encontro e as principais atividades a serem realizadas

Quadro 2: Organização da UEPS de Ondulatória.

Passo da UEPS	Encontro	Duração (min)	Atividades
1	1	50	Avaliação diagnóstica (Apêndice A)
2	2	100	Aula expositiva com auxílio de atividade experimental demonstrativa e simulador computacional
	3	50	Aula expositiva com o auxílio de simulador computacional. Questionário (Apêndice B).
3	4	100	Elaboração atividade experimental
	5	50	Atividade experimental. Questionário. (Apêndice C)
4	6	100	Revisão dos conteúdos. Aula expositiva: reflexão.
	7	50	Aula expositiva: interferência e ressonância.
5	8	100	Aula expositiva: ondas estacionárias. Atividade experimental.
6	9	50	Revisão e quiz (Apêndice D). Questionário (Apêndice E).
7	10	100	Aula expositiva: refração, difração e polarização.
	11	50	Questionário (Apêndice F). Avaliação da UEPS e Autoavaliação (Apêndice G).
8	12		Avaliação da UEPS pela professora

A seguir, são descritos detalhadamente os encontros que compõem a UEPS, seguindo os passos da UEPS, conforme o Quadro 2.

PASSO 1

Número de encontros: 1

Duração: 15 minutos

Objetivos: identificar os subsunçores (conhecimento prévios) dos estudantes por meio de uma avaliação diagnóstica.

No encontro 1, conforme o Quadro 2, sugere-se que o professor aplique a avaliação diagnóstica para identificar os conhecimentos prévios de seus estudantes.

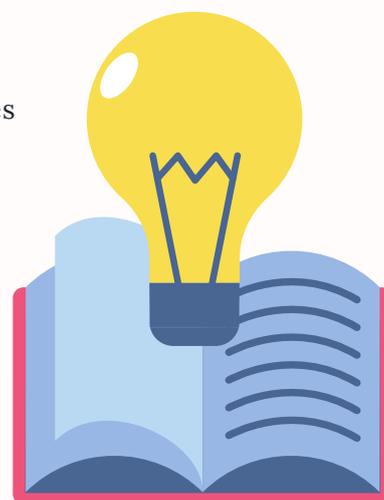
As questões propostas na avaliação diagnóstica levam em conta que os educandos já estudaram algumas características da luz.

Sugestão de questões para a avaliação diagnóstica:

1. Para a Física, ondas são perturbações ou oscilações do meio que se propagam transportando energia. Na praia, ao observar um surfista, percebe-se que ele consegue surfar quando a onda está quebrando. Do ponto de vista da Física, ou seja, do conceito de onda, como o surfista consegue surfar? Justifique.
2. O Sol é a nossa principal fonte de calor (energia). Como ocorre a propagação de calor (ou da energia) do Sol até a Terra?
3. Cite alguns exemplos de ondas que estão presentes no seu cotidiano.
4. Em muitos filmes de ficção científica, é comum as explosões ocorridas no espaço serem acompanhadas de grandes efeitos sonoros. Seria isso realmente possível?
5. Em uma tempestade de raios, o que nós vivenciamos primeiro: enxergamos a luz dos raios ou ouvimos o som do trovão? Por quê?
6. Você poderia citar algumas propriedades ou características físicas das ondas?

Nas questões propostas na avaliação diagnóstica procura-se identificar o conhecimento dos educandos em relação a algumas características físicas das ondas como a sua natureza, o transporte de energia, as diferenças entre ondas mecânicas e eletromagnéticas e as propriedades ondulatórias.

A proposta da sequência didática, descrita a seguir, visa dar conta dos conhecimentos prévios dos educandos identificados na avaliação diagnóstica.



PASSO 2

Número de encontros: 2 (encontros 2 e 3)
Duração: 150 minutos
Objetivos: compreender o movimento da onda em um determinado meio; observar as características principais das ondas; determinar a velocidade de uma onda; compreender que a onda transporta energia e que sua velocidade de propagação é a rapidez com que a energia é transportada.

No encontro 2, após analisar as respostas dos educandos na avaliação diagnóstica, sugere-se ao professor iniciar com uma breve demonstração experimental, para promover o início do processo da diferenciação progressiva, utilizando uma rolha ou um barquinho e uma bacia com água. A demonstração consiste em agitar levemente uma bacia com água para formar pequenas ondas (Figura 1).

Figura 1: Barquinho de papel em uma bacia com água sofre agitações formando ondas.



Fonte: Phet Colorado.

Na sequência, propõe-se a seguinte questão aos alunos:

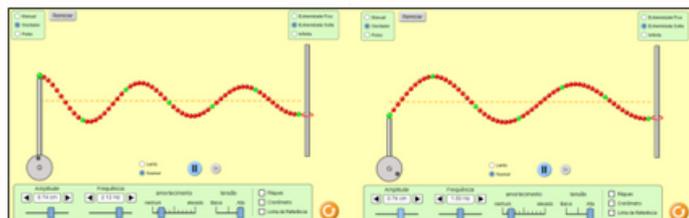
O barquinho ou a rolha sai do lugar, se movimentam?
Crie hipóteses para explicar o que você observou.

Após, o professor pode apresentar de forma expositiva a definição e a classificação das ondas quanto a sua natureza e também comentar sobre as formas de energia que estão envolvidas na propagação das ondas.

Ainda, neste encontro, é sugerida a realização de uma segunda demonstração, na qual utiliza-se uma corda esticada (uma mangueira de látex, por exemplo) e uma mola (recomenda-se que a mola tenha 30 a 40 cm) para realizar uma representação didática das oscilações dos elementos do meio em ondas longitudinais e transversais. A propagação de ondas transversais é reproduzida com a mangueira de látex e de ondas longitudinais com a mola.

Para complementar essa demonstração, pode-se utilizar os simuladores “Ondas: Intro” e “Ondas na Corda”, ambos disponíveis no Phet - Interactive Simulations.

Figura 2: Imagens do simulador “Ondas na Corda” comparando o pulso para diferentes frequências de oscilação



Após analisarem e compararem as oscilações com diferentes valores para as frequências no simulador “Ondas na Corda” (Figura 2), o professor propõe as seguintes questões aos educandos:

1. O que aconteceu com os pulsos quando a frequência foi alterada?
2. O que acontece ao período de uma onda quando sua frequência diminui?
3. Como podemos calcular a velocidade de propagação das ondas? Qual a sua sugestão?

No encontro 3, o professor pode iniciar a aula com o simulador do PhET “Ondas na corda”, utilizado no encontro anterior, para explorar os demais recursos disponíveis na simulação envolvendo a amplitude da onda, amortecimento e tensão na corda a fim de que os alunos observem as alterações nos pulsos e a dependência destes na velocidade de propagação da onda. O professor, neste momento, dá um retorno aos educandos sobre as questões propostas ao final do encontro 2.

Recomenda-se finalizar o encontro com uma exposição dialogada sobre cordas tensionadas e com a aplicação de um questionário para avaliar possíveis indícios da aprendizagem significativa.

Abaixo, estão sugestões de questões:

1. O que é onda?
2. Ondas mecânicas podem se propagar no vácuo? () verdadeiro () falso. Justifique.
3. Ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo? () verdadeiro () falso. Justifique.
4. As ondas na água, na corda e o som são ondas ... () mecânicas () eletromagnéticas. Justifique.
5. Que distância, em termos de comprimentos de onda, uma onda percorre durante um período?
6. Quais são as formas de energia presente nas ondas?

Dicas

Sites de revistas de ensino de Física nas quais estão artigos com textos e sugestões de atividades didáticas:

- Caderno Brasileiro de Ensino de Física: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica>>
- Revista Brasileira de Ensino de Física: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/>>

Sites com material didático:

- Portal do Professor:
<<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>>
- EDUCAPES:
<<https://educapes.capes.gov.br/>>

PASSO 3

Número de encontros: 2 (encontros 4 e 5)

Duração: 150 minutos

Objetivos: identificar e determinar a velocidade de propagação da onda, relacionando com o comprimento de onda, período e frequência, em uma atividade experimental.

Sugere-se ao professor iniciar o encontro 4 com uma breve retomada dos objetos de estudo de maneira expositiva, abordando as características e propriedades da onda e discutindo com os educandos as respostas das questões do encontro 3, para auxiliar na ocorrência da reconciliação integradora visando a promoção da aprendizagem significativa.

Na sequência, o professor separa a turma em grupos (recomenda-se no máximo 4 educandos por grupos) para realizar duas atividades experimentais distintas, com cada grupo realizando apenas uma das atividades experimentais propostas.

Proposta para as atividades experimentais:

Experiência 1: máquina de ondas com palitos de picolé

Materiais utilizados: 1 metro de fita elástica (fita crepe ou fita adesiva), régua, palitos de picolé, tesoura
Montagem do experimento: Na fita elástica de um metro deve ser fixado os palitos de picolé, aproximadamente no ponto médio de cada palito. Os palitos devem ter uma separação de 3 centímetros um do outro, de maneira perpendicular. Recomenda-se deixar 10 centímetros de distância entre o início da fita e o primeiro palito de picolé e, da mesma forma, com o último palito de picolé e a outra ponta da fita, como representado na Figura 3.

Experiência 2: máquina de ondas com palitos de churrasco

Materiais utilizados: 1 metro de fita elástica (fita crepe ou fita adesiva), régua, palitos de churrasco, pacote de jujubas ou massa de modelar, tesoura
Montagem do experimento: Na fita elástica de um metro deve ser fixado os palitos de churrasco com uma jujuba em cada extremidade, aproximadamente no ponto médio dos palitos. Os palitos devem ficar a uma separação de aproximadamente 3 centímetros um do outro, de maneira perpendicular à fita elástica. Conforme representado na Figura 4, recomenda-se deixar cerca de 10 centímetros de distância entre o início da fita e o primeiro palito de churrasco e, da mesma forma, com o último palito de churrasco e a outra ponta da fita.

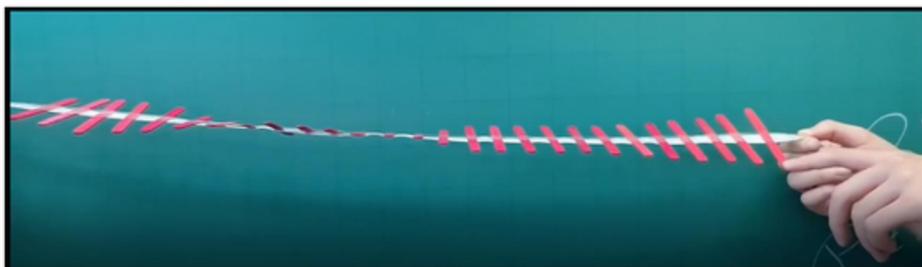
Figura 3: Alunos realizando a atividade experimental 1.



Figura 4: Alunos realizando a atividade experimental 2.



Figura 5: Movimento de propagação da onda com a material da experiência 1.



Após a montagem do experimento, inicia-se a manipulação dos modelos de onda construídos pelos educandos. Para isso, dois educandos devem segurar a fita plástica de forma que fique esticada (Figura 4, imagem à direita). Então, em um dos palitos de churrasco ou palito de sorvete, um aluno de cada grupo precisa produzir um movimento de oscilação do palito (girar o palito), para então observar como o movimento de oscilação dos palitos gera a onda que propaga ao longo da fita. Solicita-se aos educandos que anotem em seus cadernos o que foi observado no movimento dos palitos e da onda gerada.

Recomenda-se ao professor que recolha os experimentos ao final do encontro para utilizá-los no encontro seguinte.

No encontro 5, o professor entrega os experimentos aos alunos juntamente com algumas questões sobre a prática para serem respondidas.

1. Identifique os elementos da onda. Faça uma representação por meio de desenho do seu experimento.
2. Experimente diferentes amplitudes de oscilação dos palitos. Isso afeta o tempo de viagem? Justifique.
3. Faça a gravação das oscilações da onda produzida pelo seu grupo. A partir da visualização do vídeo, determine o valor do comprimento de onda, o período, a frequência e a velocidade de propagação da onda. Frequência (f): Período (T): Comprimento de onda (λ): Velocidade de propagação da onda (v):
4. O que exatamente viaja com essa velocidade encontrada, ou seja, o que se propaga na onda?
5. Relate a sua participação na atividade proposta e a participação dos demais integrantes.

Dica para a atividade

para identificar o comprimento de onda, o período, a frequência e a velocidade de propagação da onda, recomenda-se aos alunos fazerem a gravação das oscilações das ondas produzidas no experimento utilizando o recurso câmera lenta da câmera do aparelho celular.

PASSO 4

Número de encontros: 2 (encontros 6 e 7)

Duração: 150 minutos

Objetivos: reconhecer os fenômenos ondulatórios e compreender os aspectos físicos dos fenômenos de reflexão, interferência e ressonância.

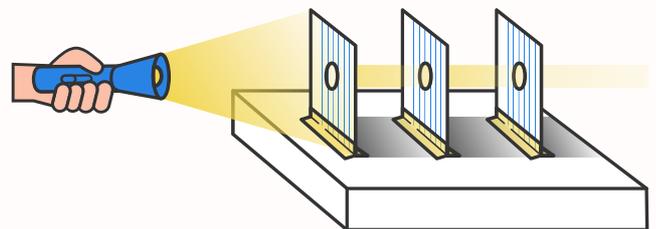
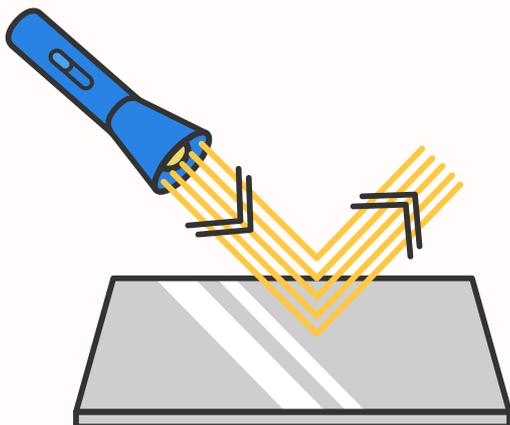
No encontro 6 sugere-se uma aula expositiva para explicar os fenômenos ondulatórios da reflexão (como sugestão de material para elaborar sua aula, acesse <<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/599556/3/Slides%20-%20Aula%20Remota%20sobre%20Ondulat%C3%B3ria-Corrigida.pdf>>).

Para tornar a aula mais dinâmica, recomenda-se utilizar a máquina de ondas, da atividade prática realizada pelos alunos no encontro 4, para demonstrar como ocorre a reflexão da onda. O professor pode, neste momento, retomar vários conceitos de Ondulatória, como as oscilações do elemento do meio, comprimento de onda, período e frequência da onda, o conceito de velocidade como rapidez da propagação da energia da onda (pode, também, revisar os conceitos de energia cinética e potencial das ondas mecânicas para explicar como o surfista se movimenta – questão 1 da avaliação diagnóstica).

No encontro 7, recomenda-se que o professor ministre uma aula expositiva sobre os fenômenos da interferência e a ressonância (pode utilizar o mesmo material sugerido no encontro anterior) e, ao final desse encontro, sugere-se que os alunos respondam as seguintes questões:

1. Você conhece algum exemplo no qual ocorra a ressonância em ondas? Se sim, qual?

2. Pesquise exemplos nos quais ocorre o fenômeno das ondas estacionárias.



PASSO 5

Número de encontros: 1 (encontro 8)

Duração: 50 minutos

Objetivos: compreender a formação de ondas estacionárias; reconhecer os fenômenos da reflexão, interferência e ressonância em ondas estacionárias; identificar os elementos da onda: frequência, período, velocidade de propagação e comprimento de onda em ondas estacionárias.

Recomenda-se ao professor iniciar o encontro 8 com uma exposição sobre a formação de ondas estacionárias (como sugestão para abordar este assunto, acesse o artigo disponível em <
<https://www.scielo.br/j/rbef/a/PZH7f6NZ5CRcWKMjrS3cvnb/?format=pdf&lang=pt>>). Junto com a exposição pelo professor, recomenda-se fazer comentários das respostas dos educandos nas duas questões respondidas no final do encontro 7.

Pode ser realizada uma demonstração da formação de ondas estacionárias utilizando uma mangueira de látex. Para realizar esta demonstração, solicita-se o auxílio de um aluno para segurar uma das extremidades e o professor, na outra extremidade, faz a mangueira oscilar a fim de gerar os harmônicos. Neste momento, o professor comenta que os harmônicos são gerados da superposição das ondas refletidas nas extremidades da mangueira.

Na sequência é proposta uma atividade prática para os alunos.

Experiência: atividade prática com ondas estacionárias

Materiais utilizados: um motor de 6 V, duas pilhas, destorcedor de anzóis, barbantes e fios condutores (Figura 6).

Montagem do experimento: Realizar a conexão da pilha com o motor; em seguida, um aluno deve segurar o destorcedor de anzol para esticar o barbante (tensionado) que deve ser conectado ao motor. Após finalizar a montagem do experimento, solicita-se aos alunos para realizar a gravação das oscilações das ondas estacionárias utilizando a câmera do celular.

Figura 6: Kit da atividade prática composto por um motor de 6 V, pilhas, destorcedor de anzóis, barbante e fio condutor para conectar as pilhas com o motor.



Neste experimento, a frequência de rotação do motor gera ondas estacionárias no barbante a partir da superposição das ondas refletidas nas extremidades fixas do barbante.

Sugere-se ao professor que solicite aos alunos que descubram como é possível alterar a quantidade de harmônicos da onda estacionária e identificar, por meio do vídeo, o comprimento de onda, a frequência e o período da onda estacionária. Na Figura 7 estão imagens de ondas estacionárias produzidas com o kit fornecido aos alunos.

Figura 7: Alunos realizando a atividade prática sobre ondas estacionárias.



Sugere-se a partir da análise de suas gravações que os educandos respondam as seguintes questões:

1. Como ocorre a formação de ondas estacionárias na corda?
2. Qual é a amplitude de um nó?
3. Ondas estacionárias também ocorrem para ondas sonoras? Cite algum exemplo.

PASSO 6

Número de encontros: 1 (encontro 9)

Duração: 50 minutos

Objetivos: retomar os conceitos de ondulatória estudados até o momento para promover a reconciliação integrativa.

Sugere-se para o encontro 9 uma revisão sobre os assuntos abordados até o momento. Também, neste momento, o professor pode discutir com os educandos as três questões respondidas no encontro anterior.

Para tornar a aula mais dinâmica e identificar uma possível ocorrência da reconciliação integrativa, recomenda-se a realização de um quiz interativo utilizando a plataforma Kahoot <<https://create.kahoot.it/details/10832316-4ddd-4cd0-8131-e2da8ff7da99>> (o quiz também está disponível no Apêndice A).

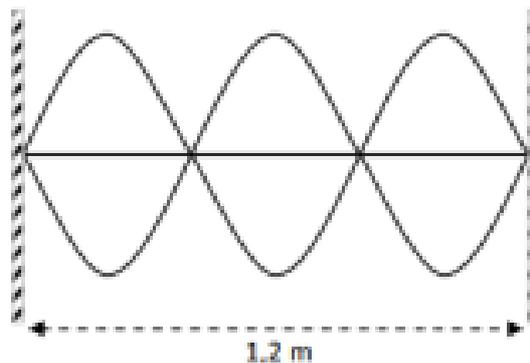


O quiz, aplicado neste momento da UEPS, é um instrumento que permite ao professor buscar evidências da aprendizagem significativa dos educandos, revisando várias características e propriedade das ondas.

Para finalizar o encontro, propõe-se um questionário de maior complexidade, que pode ser respondido em duplas.

Sugestão de questões:

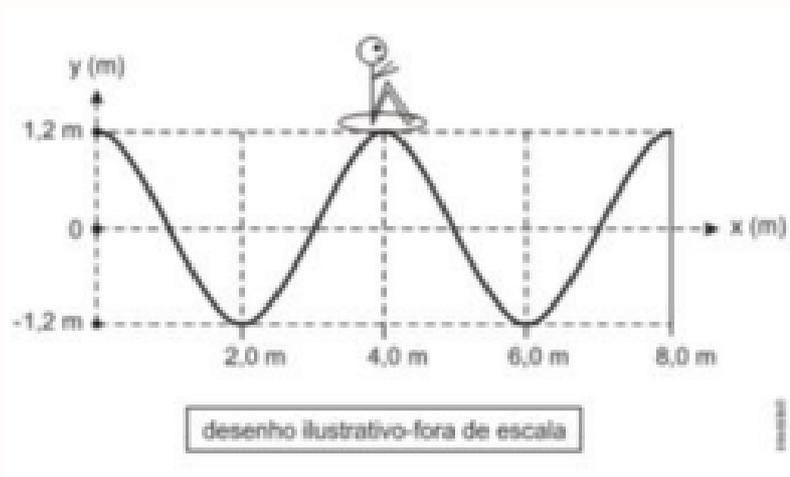
1. A figura abaixo representa uma configuração de ondas estacionárias propagando-se numa corda e produzidas por uma fonte que vibra com uma frequência de 150 Hz. O comprimento de onda e a velocidade de propagação dessas ondas são:



- a) $\lambda = 1,2 \text{ m}$ e $v = 180 \text{ m/s}$
- b) $\lambda = 0,8 \text{ m}$ e $v = 180 \text{ m/s}$
- c) $\lambda = 1,2 \text{ m}$ e $v = 120 \text{ m/s}$
- d) $\lambda = 0,8 \text{ m}$ e $v = 120 \text{ m/s}$
- e) $\lambda = 2,4 \text{ m}$ e $v = 120 \text{ m/s}$

2. Uma das atrações mais frequentadas de um parque aquático é a “piscina de ondas”. O desenho abaixo representa o perfil de uma onda que se propaga na superfície da água da piscina em um dado instante. Um rapaz observa, de fora da piscina, o movimento de seu amigo, que se encontra em uma boia sobre a água e nota que, durante a passagem da onda, a boia oscila para cima e para baixo e que, a cada 8 segundos, o amigo está sempre na posição mais elevada da onda. . O motor que impulsiona as águas da piscina gera ondas periódicas. Com base nessas informações, e desconsiderando as forças dissipativas na piscina de ondas, é possível concluir que a onda se propaga com uma velocidade de:

- a) 0,15 m/s
- b) 0,30 m/s
- c) 0,40 m/s
- d) 0,50 m/s
- e) 0,60 m/s



3. Um estudante de Física encontra-se num barco ancorado num lago de águas calmas. Repentinamente, começa a soprar uma brisa leve, que gera pequenas ondulações na superfície da água, fazendo oscilar uma folha que flutua nas proximidades do barco. Observando essas ondulações e o movimento da folha, o estudante estima que a distância entre duas cristas de onda sucessivas é aproximadamente 40cm e que passam pela folha 30 cristas por minuto. De acordo com essas informações, a frequência, o comprimento de onda e a velocidade de propagação das ondas são, respectivamente:

- a) 0,50Hz 0,40m 0,20m/s
- b) 0,50Hz 0,40m 2,0m/s
- c) 2,0Hz 0,20m 2,0m/s
- d) 2,0Hz 0,80m 0,20m/s
- e) 30Hz 0,80m 8,0m/s

Sugere-se fazer a correção do questionário no início do próximo encontro.

PASSO 7

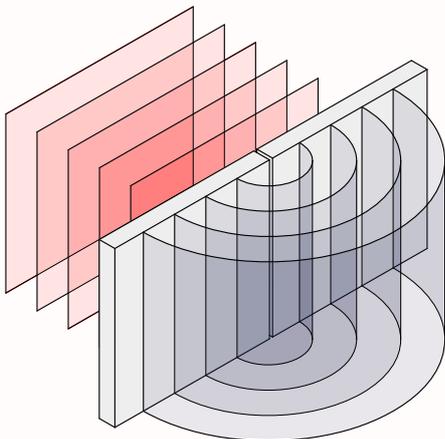
Número de encontros: 2 (encontros 10 e 11)

Duração: 100 minutos

Objetivos: reconhecer os fenômenos ondulatórios de refração, difração e polarização.

Recomenda-se ao professor que no encontro 10, inicie sua aula com a correção das questões do questionário de maior complexidade. Na questão número 1, retomar os conceitos de comprimento de onda e velocidade de propagação das ondas, com o gabarito letra d. Na questão número 2, retomar os conceitos de comprimento de onda e período, com o gabarito letra d. Na questão número 3, retomar os conceitos de frequência e comprimento de onda, com a transformação de unidade de medida para identificar a velocidade de propagação, gabarito letra b.

Após, com uma aula expositiva, apresente os fenômenos de refração, difração e a polarização. Como sugestão de material para elaborar a apresentação em sala de aula, acesse o documento disponível em <<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/599556/3/Slides%20-%20Aula%20Remota%20sobre%20Ondulat%C3%B3ria-Corrigida.pdf>>.



Para demonstrar a refração sugere-se a simulação

<https://www.vascak.cz/data/android/physic_satschool/template.php?s=kv_lom_vlneni&l=pt>, para comparar os

ângulos incidentes e velocidades de propagação. Para a difração, pode ser utilizado o simulador

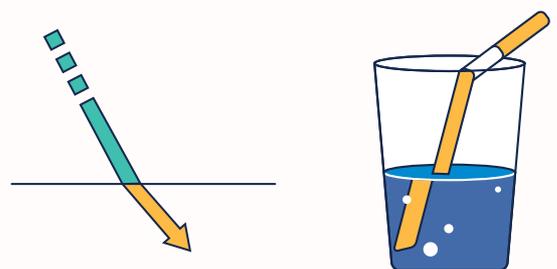
<https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_pt_BR.html> para demonstrar

como uma contorna obstáculo na opção fendas. Para demonstrar o fenômeno da polarização

pode ser utilizado o vídeo

<https://www.youtube.com/watch?v=_hR_nnYuTi4>, que demonstra como as

ondas eletromagnéticas comportam-se quando é utilizado filtros polaroides cruzados e não cruzados.



No encontro 11, sugere-se algumas questões para os alunos responderem individualmente para o educador avaliar posteriormente a aprendizagem dos alunos. As questões estão disponíveis no Apêndice B.

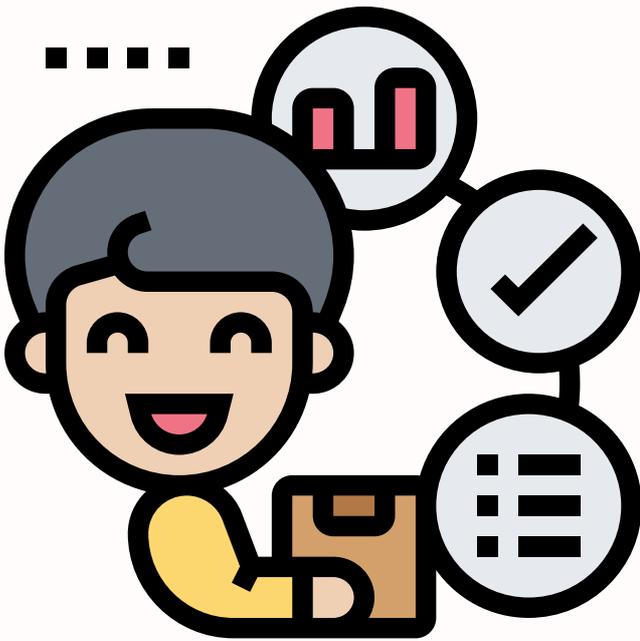
Também, neste encontro, pode ser solicitado que os alunos realizem a avaliação da UEPS e a sua autoavaliação, disponível no Apêndice C.

PASSO 8

O passo 8 deve ser realizado após a aplicação em sala de aula da UEPS. Nesse momento, o educador realiza uma análise qualitativa sobre as evidências da ocorrência da aprendizagem significativa encontradas na realização da UEPS, baseada na avaliação individual e em grupo dos alunos, bem como da avaliação da UEPS feita em sala de aula pelos alunos no último encontro.

Na análise das evidências da aprendizagem significativa, o professor pode comparar as respostas da avaliação diagnóstica com o desempenho do educando ao longo da UEPS.

Os resultados da avaliação da UEPS pelos alunos podem aprimorar em ações futuras as atividades experimentais, os questionários utilizados e a forma de abordagem dos conceitos de Ondulatória.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esperamos que este material possa ser útil para suas aulas de Ondulatória.

Também, estamos à disposição para troca de ideias acerca deste material visando seu aprimoramento e compartilhamento com os professores.

Agradecemos, desde já, pela colaboração!

“

Os autores

BIBLIOGRAFIA

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Plátano: Lisboa, v. 1, p.71-85, 2003.

MOREIRA, A. F. B. Currículo, cultura e formação de professores. Revista Educar, Curitiba, Editora da UFPR, n. 17, p. 39-52, 2001.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. 2ª Edição. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2011.

APÊNDICE A

Quiz interativo do encontro 9.

1. Ondas mecânicas podem se propagar no vácuo?
() verdadeiro () falso

2. Ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo?
() verdadeiro () falso

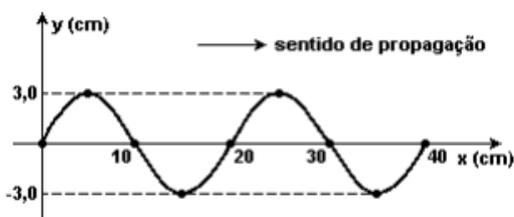
3. As ondas na água, em uma corda e o som são ondas ...
a) mecânica b) eletromagnéticas
c) ionizantes d) radiantes

4. O que a letra grega lambda significa em ondulatória?
a) frequência b) amplitude
c) comprimento de onda d) período

5. Qual a relação entre frequência e período de uma onda?
a) diretamente proporcional
b) dobro
c) inversamente proporcional
d) não há relação entre essas grandezas.

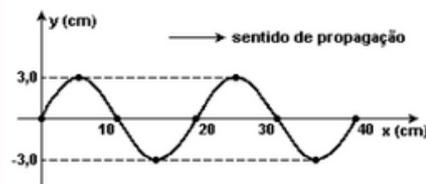
6. Quando a frequência de uma onda aumenta, o que acontece com o comprimento de onda para a mesma velocidade?
a) aumenta b) diminui
c) não altera d) desaparece da onda

7. Qual a amplitude da onda representada na imagem?



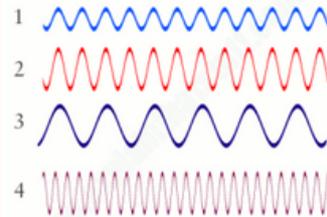
a) 3 cm b) 10 cm c) 6 cm d) 20 cm

8. Determine o comprimento de onda da onda da imagem.



a) 3 cm b) 10 cm c) 6 cm d) 20 cm

9. Qual das ondas a seguir possui maior frequência?



a) 1 b) 2 c) 3 d) 4

10. Quando duas ondas se sobrepõem ocorre o fenômeno da:

a) reflexão b) absorção
c) refração d) interferência

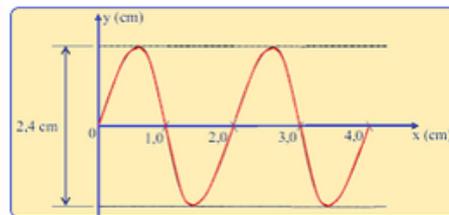
11. A interferência só pode ser:

a) somente destrutiva b) somente construtiva
c) reflexiva d) construtiva e destrutiva

12. Uma das características da onda é que:

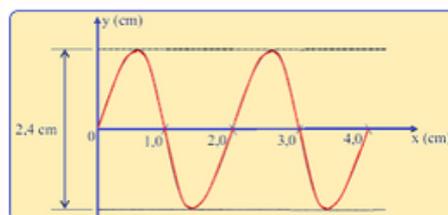
a) ela transporta matéria, mas não transporta energia.
b) elas não transportam matéria e nem energia.
c) elas transportam energia, mas não transportam matéria.
d) elas transportam apenas matéria.

13. Qual o comprimento de onda da onda da imagem?



a) 1 cm b) 3 cm c) 2 cm d) 4 cm

14. Qual a amplitude da onda da imagem?



a) 1 cm b) 2 cm c) 2,4 cm d) 1,2 cm

APÊNDICE B

Questionário do encontro 11 (respondido individualmente)

1. Alguns modelos mais modernos de fones de ouvido têm um recurso, denominado “cancelador de ruídos ativo”, constituído de um circuito eletrônico que gera um sinal sonoro semelhante ao sinal externo (ruído), exceto pela sua fase oposta.

Qual fenômeno físico é responsável pela diminuição do ruído nesses fones de ouvido?

- a) Difração.
- b) Reflexão.
- c) Refração.
- d) Interferência.
- e) Efeito Doppler.

2. Um professor percebeu que seu apontador a laser, de luz monocromática, estava com o brilho pouco intenso. Ele trocou as baterias do apontador e notou que a intensidade luminosa aumentou sem que a cor do laser se alterasse. Sabe-se que a luz é uma onda eletromagnética e apresenta propriedades como amplitude, comprimento de onda, fase, frequência e velocidade. Dentre as propriedades de ondas citadas, aquela associada ao aumento do brilho do laser é o(a):

- a) amplitude.
- b) frequência.
- c) fase da onda.
- d) velocidade da onda.
- e) comprimento de onda.

3. O sonorizador é um dispositivo físico implantado sobre a superfície de uma rodovia de modo que provoque uma trepidação e ruído quando da passagem de um veículo sobre ele, alertando para uma situação atípica à frente, como obras, pedágios ou travessia de pedestres. Ao passar sobre os sonorizadores, a suspensão do veículo sofre vibrações que produzem ondas sonoras, resultando em um barulho peculiar

Considere um veículo que passe com velocidade constante igual a 108 km/h sobre um sonorizador cujas faixas são separadas por uma distância de 8 cm.

A frequência da vibração do automóvel percebida pelo condutor durante a passagem nesse sonorizador é mais próxima de:

- a) 8,6 hertz.
- b) 13,5 hertz.
- c) 375 hertz.
- d) 1 350 hertz.
- e) 4 860 hertz.

4. Ao contrário dos rádios comuns (AM ou FM), em que uma única antena transmissora é capaz de alcançar toda a cidade, os celulares necessitam de várias antenas para cobrir um vasto território. No caso dos rádios FM, a frequência de transmissão está na faixa dos MHz (ondas de rádio), enquanto, para os celulares, a frequência está na casa dos GHz (micro-ondas). Quando comparado aos rádios comuns, o alcance de um celular é muito menor.

Considerando-se as informações do texto, o fator que possibilita essa diferença entre propagação das ondas de rádio e as de micro-ondas é que as ondas de rádio são:

- a) facilmente absorvidas na camada da atmosfera superior conhecida como ionosfera.
- b) capazes de contornar uma diversidade de obstáculos como árvores, edifícios e pequenas elevações.
- c) mais refratadas pela atmosfera terrestre, que apresenta maior índice de refração para as ondas de rádio.
- d) menos atenuadas por interferência, pois o número de aparelhos que utilizam ondas de rádio é menor.
- e) constituídas por pequenos comprimentos de onda que lhes conferem um alto poder de penetração em materiais de baixa densidade.

5. Um garoto que passeia de carro com seu pai pela cidade, ao ouvir o rádio, percebe que a sua estação de rádio preferida, a 94,9 FM, que opera na banda de frequência de mega-hertz, tem seu sinal de transmissão superposto pela transmissão de uma rádio pirata de mesma frequência que interfere no sinal da emissora do centro em algumas regiões da cidade. Considerando a situação apresentada, a rádio pirata interfere no sinal da rádio do centro devido à:

- a) atenuação promovida pelo ar nas radiações emitidas.
- b) maior amplitude da radiação emitida pela estação do centro.
- c) diferença de intensidade entre as fontes emissoras de ondas.
- d) menor potência de transmissão das ondas da emissora pirata.
- e) semelhança dos comprimentos de onda das radiações emitidas.

6. Ao assistir a uma apresentação musical, um músico que estava na plateia percebeu que conseguia ouvir quase perfeitamente o som da banda, perdendo um pouco de nitidez nas notas mais agudas. Ele verificou que havia muitas pessoas bem mais altas à sua frente, bloqueando a visão direta do palco e o acesso aos alto-falantes. Sabe-se que a velocidade do som no ar é 340 m/s e que a região de frequências das notas emitidas é de, aproximadamente, 20Hz a 4 000 Hz.

Qual fenômeno ondulatório é o principal responsável para que o músico percebesse essa diferenciação do som?

- a) Difração.
- b) Reflexão.
- c) Refração.
- d) Atenuação.

APÊNDICE C

Avaliação da UEPS e autoavaliação.

1. O planejamento realizado pela professora para o ensino de Ondulatória, como as atividades práticas, materiais didáticos, recursos digitais e situações-problema, pode ser avaliada como?

ótimo bom regular ruim péssimo

2. A sua aprendizagem em Ondulatória pode ser avaliada como?

ótimo bom regular ruim péssimo

3. Promover a realização de atividades experimentais complementadas pela teoria nas aulas eu considero:

ótimo bom regular ruim péssimo

4. A professora permitiu que os alunos escolhessem seus grupos e que realizassem as atividades com autonomia, auxiliando quando necessário. Eu considero esse aspecto:

ótimo bom regular ruim péssimo

5. Como foi meu comprometimento ao realizar as atividades propostas pela professora?

ótimo bom regular ruim péssimo

6. Eu soube aproveitar a “liberdade” de fazer as atividades em grupo de maneira?

ótima boa regular ruim péssima

7. Descreva a sua vivência nessa sequência didática que envolvia teoria e atividades experimentais. Informe neste espaço se foi importante a realização das atividades práticas, qual a sua dificuldade ou facilidade em mesclar prática e teoria e se gostaria de ter mais aulas dessa maneira. Informe também o que poderia melhorar nos pontos negativos.