

**IFES – INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CAMPUS CARIACICA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

MARCELO FARIA FIDELIS

**SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DOS
FENÔMENOS ONDULATÓRIOS**

**Cariacica
Fevereiro de 2019**

Sumário

Introdução.....	3
1 Pré-Requisitos.....	3
2 Construção dos Mapas Conceituais.....	4
3 Orientações aos Alunos.....	5
4 Questionário Inicial.....	6
Primeiro Momento.....	9
1 Sequência Didática – Reflexão e Refração.....	9
Reflexão de Ondas.....	9
Refração de Ondas.....	9
2 Explicação do Peer Instruction.....	12
3 Aplicação do Peer Instruction.....	13
Segundo Momento.....	15
1 Sequência Didática – Interferência e Ondas Estacionárias.....	16
Interferência.....	16
Ondas Estacionárias.....	18
2 Aplicação do Peer Instruction.....	19
Terceiro Momento.....	21
1 Sequência Didática – Ressonância e Difração.....	22
Ressonância – parte 1.....	22
Ressonância – parte 2.....	23
Difração.....	23
Difração e Interferência.....	25
2 Aplicação do Peer Instruction.....	26
Quarto Momento.....	28
1 Sequência Didática – Polarização e Efeito Doppler.....	29
Polarização.....	29
Efeito Doppler.....	30
2 Aplicação do Peer Instruction.....	31
Avaliação do Produto.....	33
1 Construção dos Mapas Conceituais Finais.....	33
2 Questionário Final.....	34
3 Avaliação do Produto - Alunos.....	34

Introdução

O material aqui apresentado corresponde ao utilizado na aplicação da UEPS sobre os conceitos relativos aos Fenômenos Ondulatórios. Para sua utilização devem ser feitas adaptações que considerem os conhecimentos prévios dos alunos e outras condições particulares. Nesta etapa foram necessárias quatro aulas: aulas 1, 2, 3 e 4, sendo as primeiras três utilizadas na explicação, montagem e apresentação dos mapas conceituais, e a quarta para responder ao questionário. Como no colégio em questão há divisão das salas por disciplina e não série, as chamadas salas ambiente, apenas 35 minutos de cada aula, em média, acabaram sendo de utilização efetiva devido a traslado dos alunos e reorganização da sala para a execução dos trabalhos.

1 Pré-requisitos

O professor deve certificar-se do conhecimento prévio dos alunos e, se necessário, providenciar uma revisão dos seguintes conceitos iniciais relativos às ondas:

- O conceito de onda e sua principal propriedade;
- A classificação das ondas, quanto à sua natureza, quanto à direção de vibração, e quanto à frente de onda;
- A velocidade de uma onda em um fio e sua dependência da força de tração e da densidade linear (“espessura”) do fio;
- O valor da velocidade de propagação da onda dependente apenas do meio no qual está se propagando;
- Os elementos de uma onda com sua nomenclatura;
- A frequência de uma onda relacionada à frequência da fonte que a produz e seu valor invariável durante a propagação ondulatória;
- A relação da amplitude da onda com a energia que ela transmite;
- A equação fundamental da ondulatória;
- Ondas em concordância e em oposição de fase e o que significa inverter a fase de uma onda.
- Qualidades fisiológicas do som: Altura, Intensidade e Timbre.
- A cor de um corpo opaco.

2 Construção dos Mapas Conceituais

O professor faz uma breve explicação do que é um mapa conceitual e mostra alguns exemplos de mapas conceituais sobre as leis de Newton, utilizando as figuras a seguir em um Datashow.

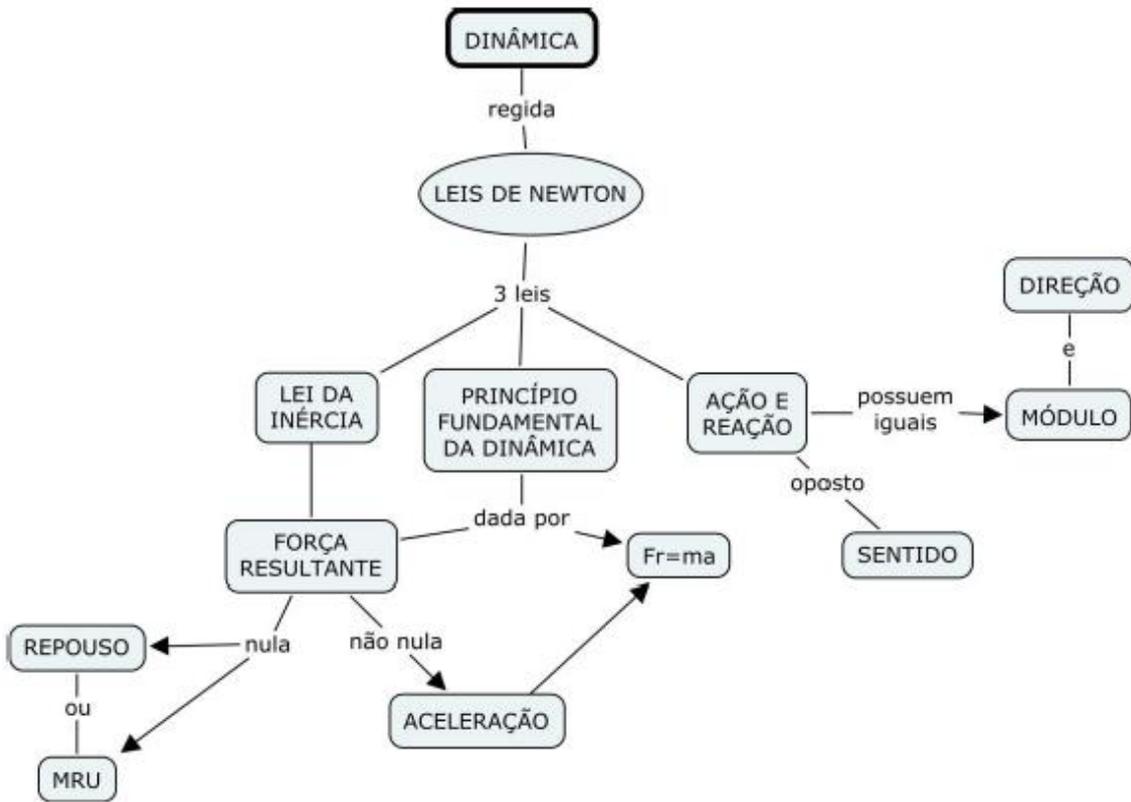


Figura 1 - Mapa conceitual - Revista Espaço Acadêmico - Nº 131 - Abril de 2012

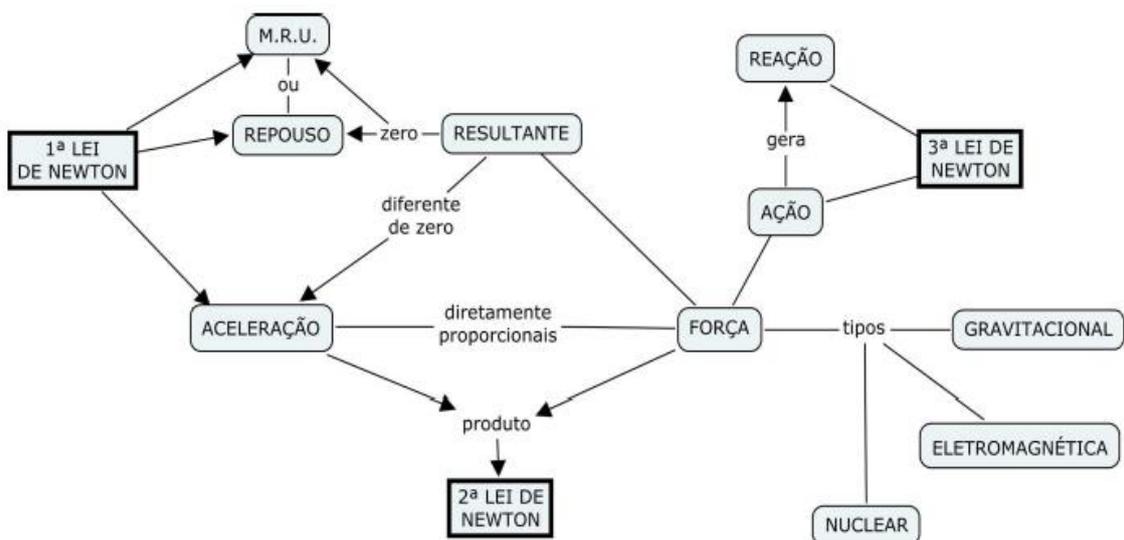


Figura 2 - Mapa conceitual - Revista Espaço Acadêmico - Nº 131 - Abril de 2012

Depois, os alunos divididos em grupos de quatro ou cinco, são orientados a cada grupo construir um mapa conceitual sobre a ondulatória e seus conceitos. Para tal, é entregue uma cópia da explicação da sequência proposta a ser seguida para sua elaboração.

O professor orienta uma “tempestade de ideias” sobre termos conhecidos pelos alunos referentes à ondulatória, que são apresentados no quadro da sala.

Após a construção dos mapas, o professor orienta aos grupos que compartilhem seu mapa com os colegas dos outros grupos e examinem os mapas deles. Perguntem o que significam as relações, questionem a localização de certos conceitos, a inclusão de alguns que não lhes parecem importantes, a omissão de outros que eles julgam fundamentais. O mapa conceitual é um bom instrumento para compartilhar, trocar e “negociar” significados.

Em seguida, e após alguns ajustes feitos ou não pelos grupos, cada grupo apresenta seu mapa conceitual à turma toda, explicando seus significados.

3 Orientações aos Alunos

1. Identifique os conceitos-chave do conteúdo que vai mapear e ponha-os em uma lista. Limite entre 6 e 10 o número de conceitos.

2. Ordene os conceitos, colocando os mais gerais, no topo do mapa e, gradualmente, vá colocando os demais até completar o diagrama.

3. Conecte os conceitos com linhas e rotule essas linhas com uma ou mais palavras-chave que mostrem a relação entre os conceitos. Os conceitos e as palavras-chave devem sugerir algo que expresse o significado da relação.

4. Setas podem ser usadas quando se quer dar um sentido a uma relação. No entanto, o uso de muitas setas acaba por transformar o mapa conceitual em um diagrama de fluxo.

5. Exemplos podem ser agregados ao mapa, embaixo dos conceitos correspondentes. Em geral, os exemplos ficam na parte inferior do mapa.

6. Não se preocupe com “começo, meio e fim”, o mapa conceitual é uma estrutura sem sequência definida. O mapa deve mostrar a ordem de importância do que está mapeado.

4 Questionário Inicial

Para uma análise dos conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos conceitos relativos aos fenômenos ondulatórios é proposto o seguinte questionário, organizado segundo uma escala de Likert adaptada.

Avaliação dos conhecimentos prévios

Aluno: _____ Série: _____ Data: ____/____/____

Item 1

Em certo espetáculo, artistas reclamaram do eco presente na sala de concertos que os incomodava e, em tese, atrapalharia o público que apreciava o espetáculo. É possível resolver esse problema trocando os materiais usados no revestimento da sala de espetáculos, por materiais mais rígidos.

- (1) concordo totalmente;
- (2) não concordo nem discordo;
- (3) discordo totalmente.

Item 2

Sabe-se que a velocidade de uma onda na superfície da água depende da profundidade de água na região em que ela se propaga: quanto maior a profundidade, maior a velocidade da onda. Assim também, um feixe de luz laser vermelha, que se propaga no ar, ao penetrar na água tem sua velocidade alterada.

- (1) concordo totalmente;
- (2) não concordo nem discordo;
- (3) discordo totalmente.

Item 3

Ao atingir velocidade igual à do som ($Mach\ 1 = 1226\ km/h$), um avião estará comprimindo o ar à sua frente e formando uma onda de choque conhecida como estrondo sônico, devido a uma superposição de ondas no nariz do avião. As ondas de choque geradas por um avião em voo supersônico atingirão o solo antes da passagem do avião que as está produzindo. Um observador no solo ouvirá um forte estampido assim que as ondas de choque o alcançar e depois verá passar o avião.

- (1) concordo totalmente;
- (2) não concordo nem discordo;
- (3) discordo totalmente.

Item 4

Ao tocar uma corda de um violão, aumentando a força de tração na corda, aumentamos também a velocidade de propagação da onda na corda. A corda, agora mais esticada, emite um som mais agudo que anteriormente. As possíveis figuras, correspondendo às ondas antes e depois de tracionarmos mais a corda, respectivamente, estão representadas a seguir:



- (1) concordo totalmente;
- (2) não concordo nem discordo;
- (3) discordo totalmente.

Item 5

1- Em algumas obras de engenharia utiliza-se um aparelho chamado vibrador de concreto, cuja frequência coincide com a frequência natural de vibração da massa de concreto, fazendo, aparentemente, toda a massa virar quase líquido.

2- Emitindo-se certas notas musicais através, por exemplo, de um violino, é possível trincar-se à distância uma fina lâmina de cristal.

Podemos dizer que as duas situações 1 e 2 citadas anteriormente são explicadas pelo mesmo fenômeno ondulatório.

- (1) concordo totalmente;
- (2) não concordo nem discordo;
- (3) discordo totalmente.

Item 6

1- Uma senhora conversa com sua vizinha que se encontra do outro lado de um muro alto. Apesar disso, ela consegue ouvi-la com perfeição.

2- O céu é azul porque a luz solar, ao incidir sobre os átomos de nitrogênio e de oxigênio existentes na atmosfera terrestre, tem a cor azul espalhada de maneira muito mais eficiente do que as demais radiações visíveis.

Podemos dizer que as duas situações 1 e 2 citadas anteriormente são explicadas pelo mesmo fenômeno ondulatório.

- (1) concordo totalmente;
- (2) não concordo nem discordo;
- (3) discordo totalmente.

Item 7

1- Nos cinemas 3D, para criar a ilusão da 3ª dimensão, duas imagens iguais são projetadas simultaneamente na tela do cinema de maneira a não sobrepor uma à outra. Com o auxílio de óculos com filtros especiais, o espectador enxerga cada uma das imagens com um olho, obtendo, assim, a visão tridimensional.

2- Ao sintonizarmos uma estação de rádio ou um canal de TV em um aparelho, estamos alterando algumas características elétricas de seu circuito receptor. Das inúmeras ondas eletromagnéticas que chegam simultaneamente ao receptor, somente aquelas que oscilam com determinada frequência resultarão em máxima absorção de energia.

Podemos dizer que as duas situações citadas anteriormente são explicadas pelo mesmo fenômeno ondulatório.

- (1) concordo totalmente;
- (2) não concordo nem discordo;
- (3) discordo totalmente.

Item 8

Um observador está parado em relação ao solo. Uma ambulância com sirene ligada se aproxima do observador, passa por ele e, em seguida, se afasta sempre com velocidade constante. Notamos que o som percebido pelo observador, na fase de aproximação, é mais grave do que na fase de afastamento da ambulância.

- (1) concordo totalmente;
- (2) não concordo nem discordo;
- (3) discordo totalmente.

Item 9

1- As ondas eletromagnéticas, como a luz visível e as ondas de rádio, viajam em linha reta em um meio homogêneo. Então, as ondas de rádio emitidas na região litorânea do Brasil não alcançariam a região amazônica do Brasil por causa da curvatura da Terra. Entretanto sabemos que é possível transmitir ondas de rádio entre essas localidades devido à ionosfera.

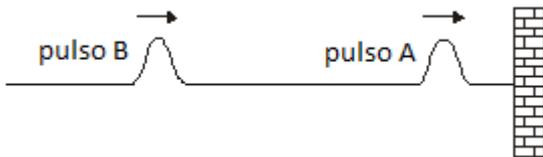
2- Enquanto passeia sobre o pátio, o geo-radar capta informações que são visualizadas na tela de um computador, de modo semelhante a uma ultrassonografia. Apesar da semelhança do geo-radar com o ultrassom, as ondas emitidas por esses aparelhos guardam extremas distinções, já que para o primeiro são utilizadas ondas eletromagnéticas, enquanto que o segundo utiliza ondas mecânicas.

Podemos dizer que as duas situações citadas anteriormente são explicadas pelo mesmo fenômeno ondulatório.

- (1) concordo totalmente;
- (2) não concordo nem discordo;
- (3) discordo totalmente.

Item 10

1- Dois pulsos, A e B, são produzidos em uma corda esticada, que tem uma extremidade fixada numa parede, conforme mostra a figura. Os dois pulsos irão se superpor, após o pulso A atingir a parede e retornar, dando impressão momentânea de desaparecimento dos pulsos e em seguida cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.



2- Quando colocamos uma concha junto ao ouvido, ouvimos um “ruído de mar”, como muita gente diz, talvez imaginando que a concha pudesse ser um gravador natural. Ruídos ambientes excitam o ar no interior da concha em suas frequências naturais. A variação desse fenômeno dá a sensação de estarmos ouvindo as ondas do mar.

Podemos dizer que as duas situações citadas anteriormente são explicadas pelo mesmo fenômeno ondulatório.

- (1) concordo totalmente;
- (2) não concordo nem discordo;
- (3) discordo totalmente.

Primeiro Momento

Nesta etapa foram necessárias cinco aulas: aulas 5, 6, 7, 8 e 9, sendo as três primeiras utilizadas na apresentação dos experimentos de reflexão/refração e explicação dos conceitos relativos a estes fenômenos, e as outras duas na explicação e primeira aplicação do Peer Instruction, na apresentação de uma nova explicação dos conceitos, que se fez necessária, e em uma reaplicação do mesmo instrumento.

1 Sequência Didática – Reflexão e Refração

Reflexão de Ondas

1- Dois alunos são solicitados a se posicionarem na região central da sala segurando sobre o piso, numa direção paralela às filas de posicionamento dos estudantes, uma mola longa parcialmente esticada, resultante da emenda de várias espirais grossas de encadernação.

- A um dos alunos é solicitada a produção de um pulso, que vai e volta.

2- Durante o experimento, inicia-se uma discussão baseada nos seguintes questionamentos:

- Vocês percebem alguma diferença entre o pulso que foi e o que voltou?

- Quais grandezas referentes à onda se alteraram da ida para a volta?

- Por que isso ocorreu? Tem algo a ver com as leis de Newton?

3- Os alunos posicionados com a mola, agora são desafiados a produzir um pulso e evitar que ocorra o fenômeno observado anteriormente.

4- Quando obtêm êxito, inicia-se a discussão a partir das perguntas:

- O que vocês fizeram para impedir que a propagação da onda que retornou fosse igual ao primeiro experimento?

- Por que deu certo?

Refração de Ondas

1- Dois alunos são solicitados a se posicionarem no corredor externo à sala de aula segurando sobre o piso uma mola longa, parcialmente esticada, formada por duas partes de comprimentos aproximadamente iguais quando esticada, resultante da emenda de várias espirais grossas de encadernação, na parte de maior densidade linear, com emenda

de várias espirais finas de encadernação, formando a parte de menor densidade linear. Os outros alunos se posicionam ao longo da longa mola, para melhor observação.

- A um dos alunos é solicitada a produção de um pulso com grande amplitude, na parte grossa da mola. Isto se repete algumas vezes, para uma observação mais minuciosa de todos.
- Após isto, ao outro aluno é solicitado o mesmo procedimento, repetidas vezes.
- Por fim, os alunos se alternam na produção dos pulsos para observação do grupo.

2- Durante o experimento, inicia-se uma discussão baseada nos seguintes questionamentos:

- Vocês percebem alguma diferença entre o pulso que se propaga na mola mais grossa e na mola mais fina? Alguma coisa mudou quando passou de uma para a outra?

3- Os alunos posicionados com a mola, são solicitados a produzir uma sequência contínua de pulsos até formar uma onda estacionária nas partes grossa e fina da mola.

4- Quando obtêm êxito, inicia-se a discussão a partir das perguntas:

- Considerando velocidade de propagação, comprimento de onda e frequência, quais grandezas referentes à onda se alteraram? O que com certeza não deve ter mudado?

5- Os alunos são solicitados a executar novamente os procedimentos iniciais (item 1), sendo que, desta vez, o professor pede para que vejam se algo antes não observado ocorre com o pulso emitido, ao atingir o ponto de emenda das partes de densidades diferentes. Alguns procedimentos são sugeridos pelo professor, para facilitar a percepção do pulso refletido na emenda.

6- Durante as emissões dos pulsos, inicia-se a discussão a partir das perguntas:

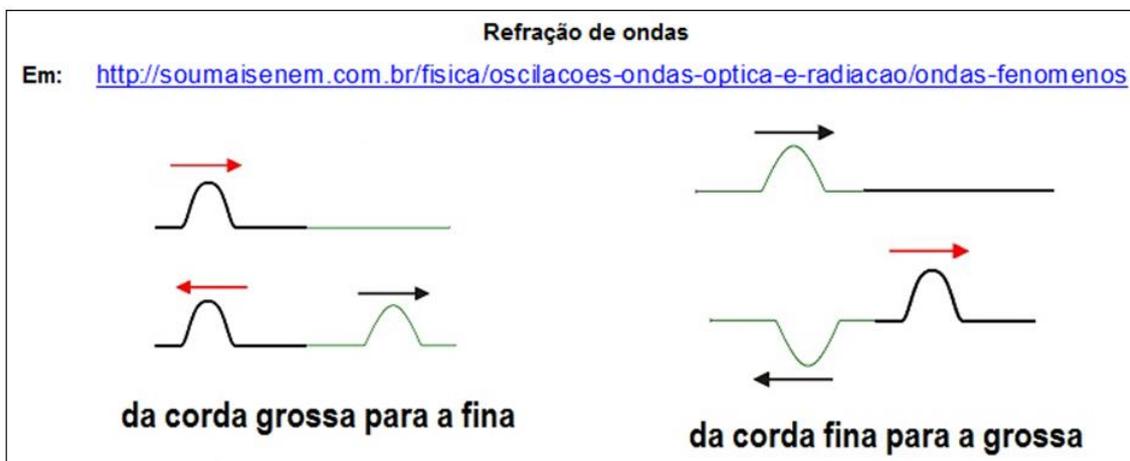
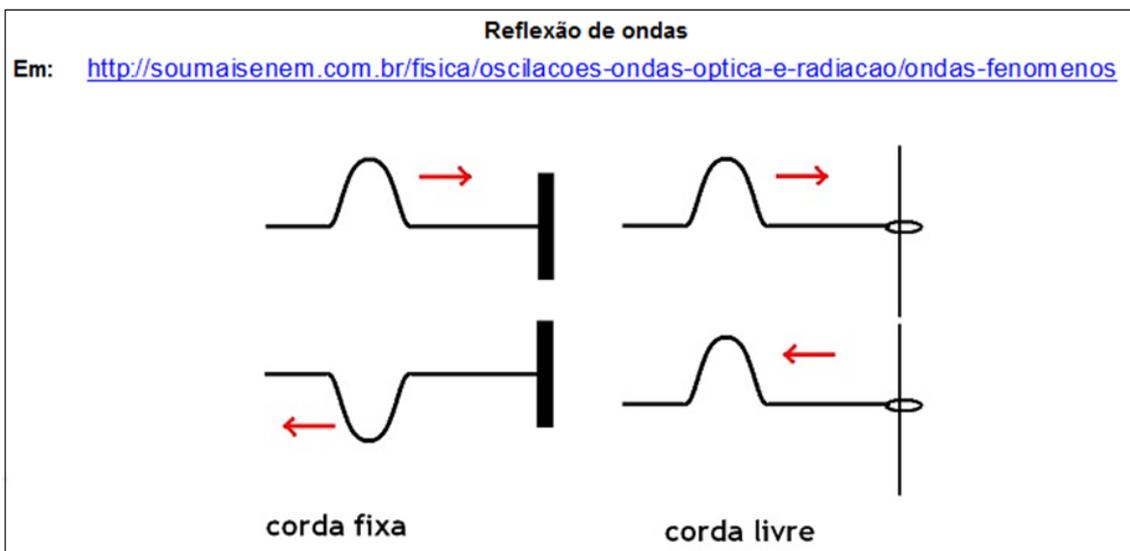
- Vocês percebem algum fenômeno ocorrendo com o pulso quando este atinge a emenda?
- Ocorre de mesma maneira, independente do lado onde é produzido?

7- Em seguida, o professor faz um resumo do fenômeno da Reflexão utilizando o primeiro dos slides a seguir, abordando:

- As grandezas que não se alteram durante o fenômeno: velocidade de propagação, comprimento de onda da onda e frequência;
- E as condições para ocorrer a inversão de fase.

8- Continuando com o segundo slide, o professor explica o fenômeno da Refração, abordando:

- As grandezas que se alteram durante o fenômeno: velocidade de propagação e comprimento de onda da onda;
- A não alteração da frequência de oscilação;
- A parcela refletida dos pulsos no ponto da emenda das molas grossa e fina;
- A inversão de fase ou não desses pulsos refletidos.



2 Explicação do Peer Instruction

Explicação para o Professor

Procedimentos dos alunos na aplicação do Peer-Instruction:

- Cada aluno recebe uma plaqueta para respostas chamada plicker, que está cadastrada para seu nome com um determinado número relacionado.

- Uma questão teórica é projetada no Datashow e cada aluno lê e a interpreta, escolhendo a resposta que julgar ser a mais adequada, sem comentar nada com os colegas.

- Nesta etapa, é fundamental que o aluno formule individualmente um raciocínio para depois tentar convencer algum colega que tenha escolhido uma resposta diferente da sua.

- É feita a votação, onde cada aluno levanta seu plicker à altura de sua testa, para captação da imagem de sua resposta pela câmera do celular do professor. A resposta captada e considerada pela câmera é a letra que está na parte superior da plaqueta erguida (plicker).

- Caso os resultados não sejam considerados satisfatórios, sem informar qual alternativa é a correta, o professor pede aos alunos que discutam rapidamente com os colegas mais próximos, que tenham optado por diferentes alternativas. Basicamente, cada aluno tem como missão usar seus próprios argumentos para tentar convencer um colega da razão para que determinada alternativa seja a correta e porque as demais não o são. Isso leva de dois a três minutos apenas. Porém, se o índice de acertos não atingir o mínimo de 30%, se faz necessária a intervenção do professor com uma nova colocação sobre o assunto ou um novo exemplo que possa ajudar a esclarecer alguma confusão de conceitos.

- Após a questão ser novamente projetada no Datashow, nova votação é realizada pelo professor.

- Sempre que os resultados forem considerados satisfatórios pelo professor, ele comenta a resposta correta e o porquê das outras serem incorretas e uma nova questão teórica é apresentada, seguindo-se a mesma sequência de procedimentos anteriores.

- Caso julgue necessário, devido ao baixo acerto dos alunos após a segunda votação, em geral, quando os acertos não atingem 70%, o professor pode fazer uso de uma explicação oral, apresentação de um vídeo ou experimento, que contribuam para um melhor entendimento do assunto, e após este procedimento, nova questão teórica é apresentada e a sequência refeita. Uma rápida análise das alternativas mais escolhidas pelos alunos pode nortear o enfoque necessário.

Explicação para os Alunos

Procedimentos:

- Você receberá um cartão de respostas chamado de plicker. Ele está numerado e o número de seu cartão está relacionado a seu nome. Portanto, a cada uso de seu plicker, sua resposta será anotada para seu nome listado em uma tabela no aplicativo do celular utilizado pelo professor para captar suas respostas.

- Para cada questão apresentada no Datashow, leia e a interprete, escolhendo a resposta que julgar mais adequada, sem comentar nada com os colegas.

- Nesta etapa, é fundamental que você formule individualmente um raciocínio para tentar convencer algum colega de que esta é a resposta correta, caso ele tenha escolhido uma resposta diferente da sua.

- É feita a votação, onde você levanta seu plicker à altura de sua testa, para captação da imagem de sua resposta pela câmera do celular do professor. A resposta captada e considerada pela câmera é a letra que está na parte superior de seu plicker.

- Caso os resultados não sejam considerados satisfatórios, o professor solicitará que você discuta rapidamente com os colegas mais próximos, que tenham optado por diferentes alternativas. Basicamente, sua missão é a de usar seus próprios argumentos para tentar convencer um colega de que a resposta correta é a sua e não a dele, tentando explicar porque a dele está incorreta.

- Nova votação é realizada pelo professor.

- Sendo os resultados satisfatórios, o professor comentará a resposta correta e o porquê das outras serem incorretas e uma nova questão teórica será apresentada, seguindo-se a mesma sequência de procedimentos anteriores.

- Caso seja necessário, o professor poderá fazer uso de uma explicação oral, apresentação de um vídeo ou experimento, que possam contribuir para um melhor entendimento do assunto.

3 Aplicação do Peer Instruction

Nos slides a seguir estão as problematizações apresentadas e reapresentadas aos alunos no Peer Instruction deste primeiro momento:

QUESTÃO 1



Hoje em dia quase todos os produtos oferecidos no comércio trazem um código de barras, para sua identificação. O leitor óptico emite uma luz vermelha que:

- a) é refletida pelas barras branca e preta, com intensidades diferentes, em função de suas espessuras;
- b) é refletida pelas barras pretas e refratada pelas barras brancas, com intensidades diferentes, em função de suas espessuras;
- c) é refratada pelas barras pretas e refletida pelas barras brancas, com intensidades diferentes, em função de suas espessuras;
- d) é refletida apenas pelas barras brancas, com intensidades diferentes, em função de suas espessuras.

WIKIPÉDIA
A enciclopédia livre

QUESTÃO 2



Os tsunamis podem ser provocados por vários fenômenos naturais, como abalos sísmicos e atividade vulcânica. Em alto mar eles são imperceptíveis, mas quando chegam à costa se tornam ondas gigantes porque:

- a) sua amplitude aumenta com o aumento de seu comprimento de onda e redução de sua velocidade;
- b) seu comprimento de onda e sua velocidade diminuem com o aumento de sua amplitude;
- c) sua velocidade aumenta com a redução de seu comprimento de onda e de sua amplitude;
- d) seu comprimento de onda e sua amplitude aumentam com o aumento de sua velocidade.

WIKIPÉDIA
A enciclopédia livre

QUESTÃO 3



A maioria dos morcegos possui um sentido adicional: a ecolocalização ou biosonar, é um poderoso e importante recurso para orientação à noite ou em ambientes escuros como cavernas e para captura de presas. Eles emitem:

- a) ondas sonoras audíveis que, após refletirem em um certo objeto, permitem ao morcego identificar a localização do mesmo;
- b) ondas de ultrassom, não audíveis, que após refratarem em um certo objeto, permitem ao morcego identificar a localização do mesmo;
- c) ondas de ultrassom, não audíveis, que após a reflexão em um certo objeto, permitem ao morcego identificar a localização do mesmo;
- d) ondas sonoras audíveis que, após refratarem em um certo objeto, permitem ao morcego identificar a localização do mesmo.

WIKIPÉDIA
A enciclopédia livre

Procedimento do professor, caso alguma das questões do Peer Instruction não alcance porcentagem satisfatória de acertos:

- Apresentação aos alunos do vídeo “Física – Ondas: refração de um pulso de onda”, do Youtube, no endereço www.youtube.com/watch?v=7LV4paG6Rso, para complementar a explicação dos fenômenos. O trecho de interesse corresponde ao intervalo entre 0:44 até 6:22 min do vídeo.

Segundo Momento

Nesta etapa foram necessárias quatro aulas: aulas 10, 11, 12 e 13, sendo a primeira utilizada na apresentação dos experimentos de interferência/ondas estacionárias e explicação dos conceitos relativos a estes fenômenos, e as outras três na segunda aplicação do Peer Instruction, na apresentação de uma nova explicação dos conceitos, que se fez necessária, e em uma reaplicação do mesmo instrumento.

1 Sequência Didática – Interferência e Ondas Estacionárias

Interferência

1- Dois alunos são solicitados a se posicionarem na região central da sala segurando sobre o piso, numa direção paralela às filas de posicionamento dos estudantes, a mesma mola longa parcialmente esticada, resultante da emenda de várias espirais grossas de encadernação, utilizada na aula 5, referente à reflexão de ondas.

- Um pequeno tubo plástico é posicionado a certa distância da mola e a um dos alunos é solicitada a produção de um pulso, com energia suficiente para atingir o tubo.
- Posiciona-se o tubo a uma nova distância da mola, de modo que não seja mais atingível por um pulso produzido pelo aluno.
- Os alunos são desafiados a resolver a situação, de forma que o tubo seja atingido.
- Após ser atingido o tubo, no desafio anterior, o tubo é devolvido à distância inicial, mais próximo da mola, e um dos alunos é desafiado a impedir que o pulso produzido pelo outro atinja o tubo.

2- Após o êxito dos experimentos anteriores, inicia-se uma discussão baseada nos seguintes questionamentos:

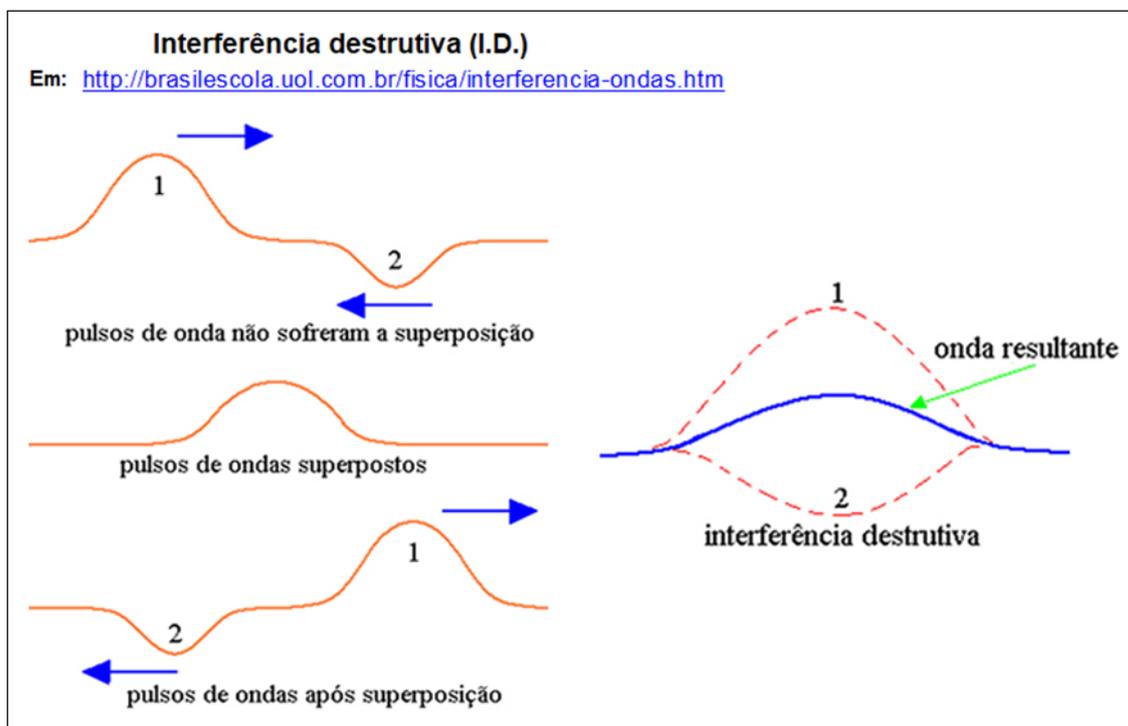
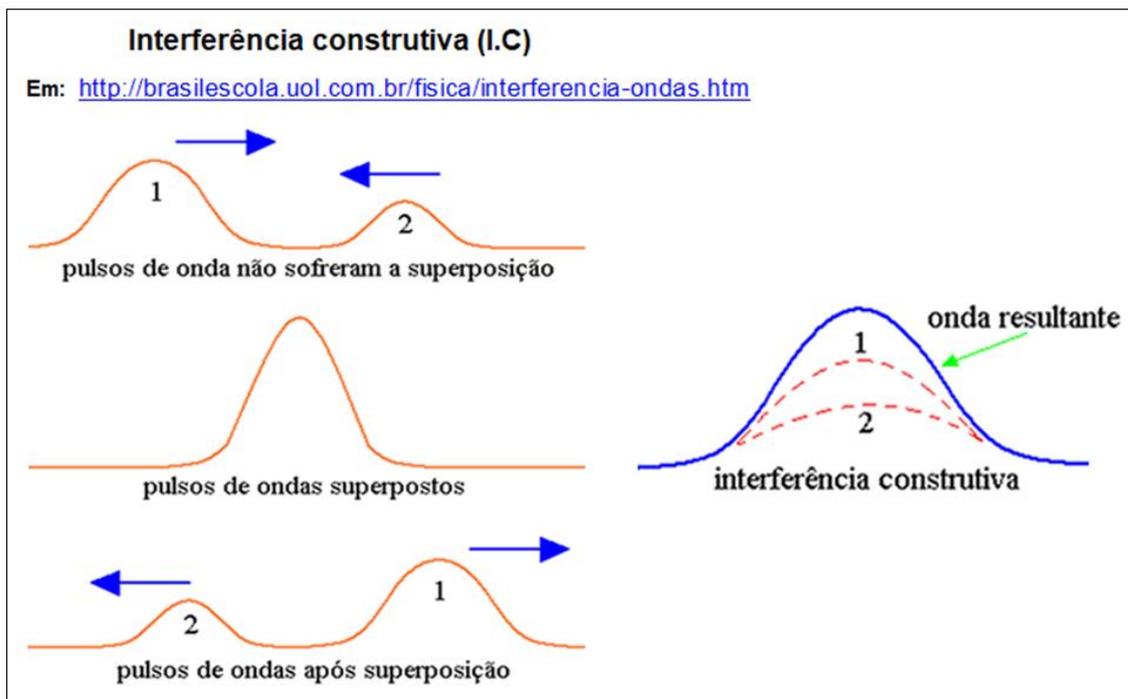
- Por que, mesmo estando muito distante e inicialmente inalcançável, o tubo foi atingido?
- Quais grandezas referentes às ondas estavam envolvidas no experimento?
- Em relação a essas grandezas, o que ocorreu para que o tubo fosse atingido?
- O que o aluno desafiado fez, para que o tubo não fosse atingido no experimento final?
- Em relação às grandezas anteriormente citadas, o que ocorreu?

3- Os alunos se posicionam com a mola novamente e produzem um pulso cada em concordância de fase. São desafiados a responder as seguintes perguntas:

- Os pulsos colidiram e retornaram à fonte que os emitiu ou seguiram em frente passando um pelo outro?
- Utilizando a mola, como comprovar o que ocorreu?

4- Em seguida, o professor explica o fenômeno da Interferência utilizando os slides ilustrativos a seguir, abordando:

- A amplitude da onda relacionada à energia da mesma;
- A soma das amplitudes, na interferência construtiva;
- A diferença entre as amplitudes, na interferência destrutiva;
- O princípio da independência da propagação ondulatória.



Ondas Estacionárias

1- O professor apresenta aos alunos o experimento que eles irão acompanhar, mostrando cada parte do mesmo e sua função. Trata-se de um motor de aparelho de CD ao qual é ligado um fio que passa a oscilar formando ondas estacionárias entre o motor e a extremidade fixa do fio. O experimento é colocado em funcionamento e observado pelos alunos. Alterando a tração no fio manualmente, outros modos de vibração são observados.

2- Inicia-se a discussão sobre o experimento direcionada pelas seguintes perguntas:

- Quais fenômenos já estudados estão presentes no experimento?
- O que as ondas apresentadas nesta experiência têm de diferente das ondas vistas até aqui?
- O que pode ter ocorrido para que a figura observada tenha sofrido mudança durante o experimento?

3- Dois alunos são solicitados a se posicionarem na região frontal da sala segurando uma extensão telefônica, em espiral, no formato de uma mola. O professor pede para que um deles faça oscilar a mola, no ar, de modo a formar ondas estacionárias nos diversos harmônicos (até o quinto harmônico).

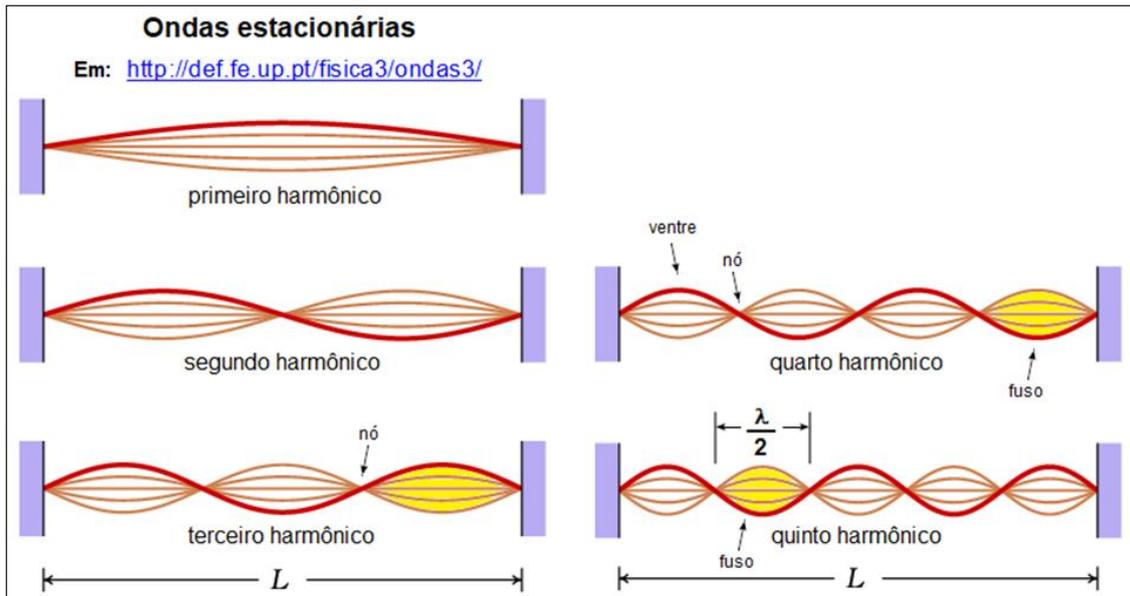
4- Nova discussão com toda a turma se inicia, baseada nas seguintes perguntas:

- O que os colegas fizeram para conseguir formar oscilações semelhantes às do experimento?
- Foi diferente do que se viu no experimento? Qual a diferença?
- Quanto à propagação dessas ondas, o que vocês percebem? Para que lado elas estão indo?
- Todos os pontos do fio se comportam da mesma forma, durante a propagação da onda? O que você percebeu?

5- Em seguida, o professor explica o fenômeno da formação das Ondas Estacionárias, utilizando a figura ilustrativa a seguir no Datashow, envolvendo os fenômenos da Reflexão e Interferência, abordando também:

- A presença de duas ondas se propagando no fio em sentidos opostos dando a impressão de que há apenas uma onda “em repouso”;

- A denominação de harmônicos e sua enumeração, em função dos diversos modos de vibração do fio;
- A nomenclatura de nós, ventres e fusos, com suas respectivas características, para as diferentes partes e regiões da onda estacionária obtida;
- O valor do comprimento de um fuso, correspondente a meio comprimento de onda da onda;
- A multiplicidade das frequências dos harmônicos obtidos.



2 Aplicação do Peer Instruction

Nos slides a seguir estão as problematizações apresentadas e rerepresentadas aos alunos no Peer Instruction deste segundo momento:

QUESTÃO 1

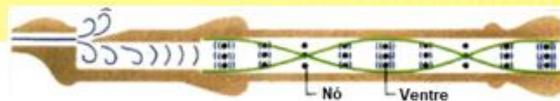


O controle ativo de ruído tem sido usado como proteção de cabines de aeronaves. Um alto-falante de cancelamento de ruído, posicionado em um lugar específico, emite uma onda sonora:

- a) de igual amplitude, em concordância de fase com a fonte de ruídos. As ondas acabam se cancelando por um efeito chamado interferência.
- b) de maior amplitude, mas com fase oposta à da fonte de ruídos de forma a cancelar o ruído indesejado.
- c) com menor amplitude, em concordância de fase com a fonte de ruídos. As ondas acabam se cancelando através da interferência destrutiva.
- d) com mesma amplitude e fase invertida do som original. As ondas acabam se cancelando por um efeito chamado interferência.

WIKIPÉDIA
A enciclopédia livre

QUESTÃO 2



Ao se tocar uma flauta, tapa-se ou não os diversos furos da mesma enquanto se assopra pelo bocal, mudando-se o número de fusos formados em seu interior. Quando o número de fusos aumenta:

- a) o som emitido se torna mais grave, pois sua frequência diminui ao diminuir o comprimento de onda.
- b) o som emitido se torna mais agudo, pois o comprimento de onda diminui aumentando a frequência.
- c) o som emitido se torna mais forte, pois a amplitude da onda aumenta junto com a frequência.
- d) o som emitido se torna mais agudo, pois a velocidade da onda aumenta tornando o som mais forte.

WIKIPÉDIA
A enciclopédia livre

QUESTÃO 3



Observando-se um violão, notamos que suas cordas são de diferentes espessuras e que emitem sons distintos quando as tocamos. Em geral, o som emitido por uma corda solta é:

- a) mais grave nas cordas mais grossas, pois a velocidade de propagação da onda estacionária formada é menor, mas com mesmo comprimento de onda das outras cordas.
- b) mais agudo nas cordas mais finas, pois, pela onda estacionária formada ter menor comprimento de onda, emite um som de maior frequência.
- c) mais grave nas cordas mais grossas, pois a frequência é menor por ter maior comprimento de onda a onda estacionária formada.
- d) mais agudo nas cordas mais finas, pois a onda estacionária formada oscila com maior amplitude proporcionando um som mais forte.

WIKIPÉDIA
A enciclopédia livre

Procedimento do professor, caso alguma das questões do Peer Instruction não alcance porcentagem satisfatória de acertos:

- Apresentação aos alunos do vídeo “Superposição de ondas”, do Youtube, encontrado no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=9Mn4xqkcgIQ>, acompanhado dos comentários do professor, por estar em inglês ou do vídeo “Onda estacionária (em cordas)”, do Youtube, encontrado no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=jplFqvqW6V8>, para complementar a explicação do respectivo fenômeno abordado na referida questão do Peer Instruction.

Terceiro Momento

Nesta etapa foram necessárias quatro aulas: aulas 14, 15, 16 e 17, sendo as duas primeiras e metade da terceira utilizadas na apresentação dos experimentos de ressonância/difração e explicação dos conceitos relativos a estes fenômenos, e metade da terceira mais a quarta, na terceira aplicação do Peer Instruction, na apresentação de uma nova explicação dos conceitos, que se fez necessária, e em uma reaplicação do mesmo instrumento.

1 Sequência Didática – Ressonância e Difração

Ressonância – parte 1

1- Dois vídeos são mostrados aos alunos: um contendo a ponte de Tacoma até instantes antes de seu colapso (3:00 min), em https://www.youtube.com/watch?v=_UzjdXVlksw; outro contendo uma taça vibrando em presença de uma fonte sonora, até instantes antes de seu colapso (até 0:30 min), em <https://www.youtube.com/watch?v=dclQNcITjC4>.

2- Inicia-se a discussão dos vídeos em sala direcionada pelas seguintes perguntas:

- Por que a ponte está vibrando? O que você acha que está ocorrendo?
- E a taça, está vibrando por quê?
- As duas situações têm algo em comum?
- Pode acontecer de a ponte vir a cair?
- E a taça, ela pode vir a romper-se?

3- Um aluno, de preferência que toque violão, é solicitado a executar alguns procedimentos em um violão, enquanto os outros observam:

- Toque um acorde.
- Toque algumas cordas isoladamente.
- Toque a 6ª corda da 1ª à 5ª casa.
- Toque a 6ª corda apertando a 5ª casa e a 5ª corda solta (para a percepção de sons iguais).
- Coloque uma tira de papel na 5ª corda e toque a 6ª corda da 1ª à 5ª casa, gradativamente, possibilitando a observação dos colegas.

4- Durante os procedimentos anteriores, inicia-se uma discussão do experimento do violão direcionada pelas perguntas:

- Se ao invés de um violão fosse uma guitarra sem amplificador e sem caixas de som, vocês escutariam o som emitido da mesma forma?
- Qual a diferença entre os dois instrumentos?
- O que você percebe no som emitido pelas diversas cordas?
- Qual grandeza física que caracteriza esses sons diferentes?
- E quando, numa mesma corda, são apertadas as casas do braço da 1ª até a 5ª casa, como vai ficando o som?

- Em termos da ondulatória, qual característica do som está sendo alterada?
- O que ocorreu com a tira de papel?
- Quando foi que isso ocorreu?
- Será que tem algo a ver com o que aconteceu com a ponte e a taça?

Ressonância – parte 2

1- No início da aula os alunos são repartidos em 6 ou 7 grupos de 4 ou 5 alunos cada. Uma taça de vidro e uma garrafa de 600 ml com água são entregues para cada grupo. A seguinte lista de perguntas é entregue a cada grupo para serem respondidas:

- Sem provocar impacto à taça, como é possível emitir som utilizando apenas um pouco de água e seu dedo?
- O que ocorre com o som ao mudar a quantidade de água?
- O que há em comum entre o violão da aula anterior e as taças?
- Quem é colocada a vibrar no violão? E nas taças?

2- São mostradas as partes finais dos vídeos da aula anterior contendo os colapsos da ponte e da taça e iniciada discussão com base nas seguintes perguntas:

- Se ambas estavam resistindo à vibração já há um bom tempo, por que entraram em colapso?
- Elas não poderiam apenas permanecer vibrando, já que estavam resistindo bem?

3- Em seguida, é explicado o fenômeno da Ressonância abordando:

- O que vem a ser a caixa de ressonância;
- O ar vibrante formando ondas estacionárias de amplitude crescente;
- As ondas de pressão no ar vibrante que constituem o som;
- Os sons mais agudos sendo os de maior frequência e os graves de menor;
- A condição de frequências de vibração iguais (ou sons iguais), para ocorrer o fenômeno;
- O aumento gradativo da amplitude de vibração do corpo enquanto sob a influência da onda que o atinge.

Difração

1- É aberta a simulação “wave-interference” do PhET, da universidade do Colorado - EUA, em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/wave-interference, com o

uso do Datashow, apresentando uma onda sonora, inicialmente visualizando a onda de pressão nas moléculas de ar, mudando a intensidade e a frequência das mesmas, para observação. Troca-se para a visualização de frentes de onda de pressão circulares emitidas pela fonte sonora, sendo colocada uma barreira obstruindo parte da propagação da onda observando-se o efeito. Tira-se a barreira e coloca-se uma fenda observando-se o efeito. E troca-se a fenda por duas fendas verificando-se o efeito obtido.

Troca-se a onda sonora por uma onda em líquido seguindo os mesmos passos anteriores: uma barreira, uma fenda e duas fendas, desta vez medindo-se o comprimento de onda da onda emitida e o tamanho da fenda, para comparação.

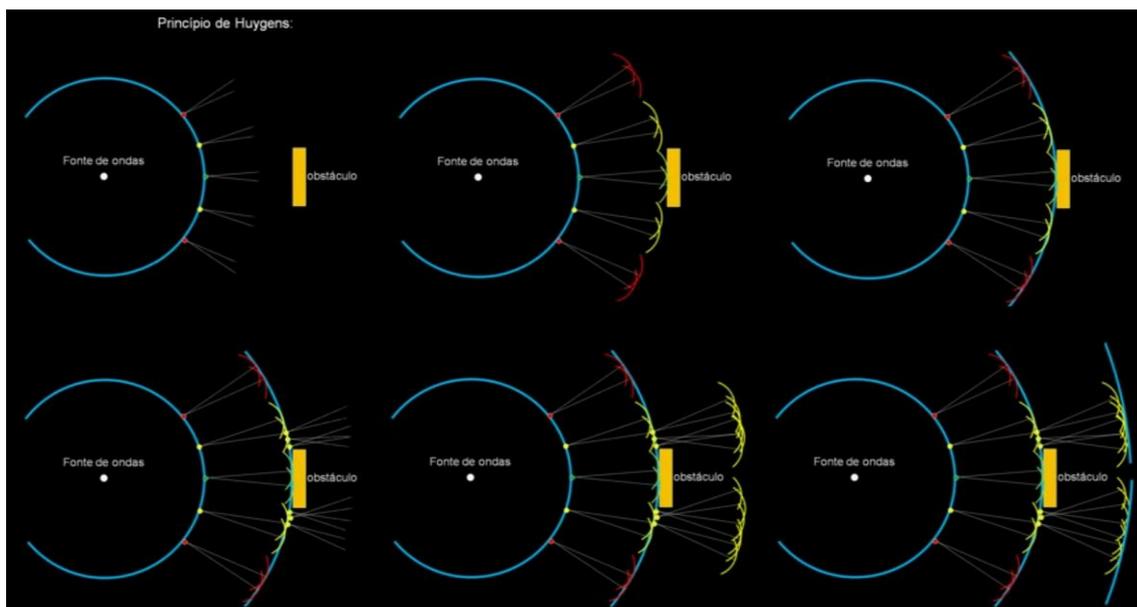
Por último, troca-se por uma onda luminosa seguindo-se os seguintes passos: uma fenda e duas fendas, também medindo o comprimento de onda da onda luminosa e o tamanho da fenda.

2- Inicia-se a discussão dos experimentos virtuais direcionada pelas seguintes perguntas:

- O que ocorre com as moléculas do ar durante a propagação de uma onda sonora?
- O que aconteceu com a onda sonora quando parcialmente interrompida pela barreira? E quando colocamos uma barreira contendo uma e depois duas fendas?
- E o que aconteceu com a onda no líquido quando parcialmente interrompida pela barreira? E quando colocamos uma barreira contendo uma e depois duas fendas?
- Comparando o comprimento de onda da onda no líquido e as dimensões das fendas o que se pode perceber?
- E o que aconteceu com a onda luminosa quando colocamos uma barreira contendo uma e depois duas fendas?
- Comparando o comprimento de onda da onda luminosa e as dimensões das fendas o que se pode perceber?

3- Em seguida, o professor explica o fenômeno da Difração com o slide a seguir, originário da vídeo-aula em <https://www.youtube.com/watch?v=NZlioXoojko>, abordando:

- Contornar obstáculos;
- Relação entre o comprimento de onda da onda e as dimensões das fendas ou obstáculos;
- O princípio de Huygens;
- A dificuldade de se perceber a difração da luz no dia a dia.



Difração e Interferência

1- Utilizando-se a última situação apresentada no simulador (onda luminosa e duas fendas), abre-se a tela de fundo da simulação e o gráfico da intensidade luminosa até aparecerem bem visíveis as franjas de interferência, buscando dimensões próximas para o comprimento de onda das ondas e o tamanho das fendas, para intensificar a difração. Alteramos a frequência luminosa (cor) e a abertura das fendas, nas mesmas condições anteriores.

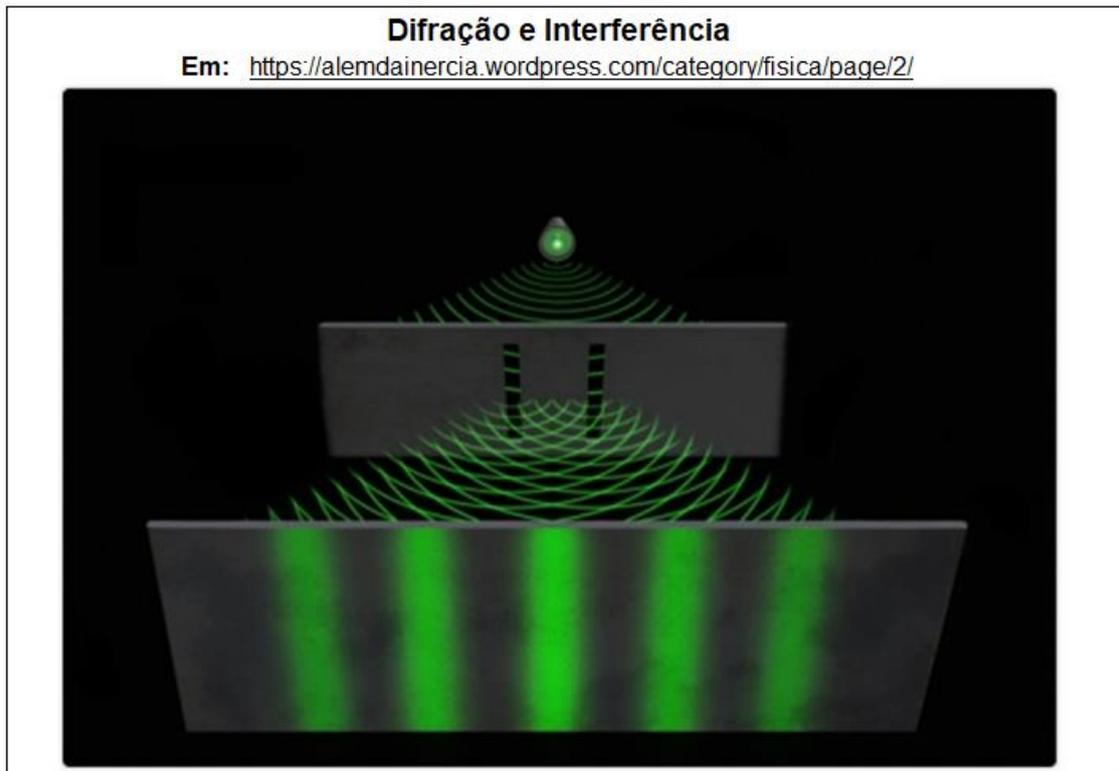
2- Com o auxílio de um tubo preto de filme fotográfico, com um corte fino no fundo, o professor utiliza a luz do Datashow, com uma projeção toda branca, numa posição em que se pode verificar franjas claras e escuras projetadas na tela. Pede, em seguida, para que os alunos observem a projeção toda branca na tela, através de uma fina fenda formada por dois de seus próprios dedos unidos, de modo a serem observadas linhas claras e escuras através do orifício.

3- Iniciamos nova discussão com as seguintes perguntas:

- Por que na tela do simulador aparecem listras claras e listras escuras?
- E a imagem projetada através do tubo fotográfico tem algo a ver com as imagens das listras do simulador?
- E entre seus dedos, ocorre algo parecido?
- Você sabe o que está acontecendo para ficar assim?

- Quais fenômenos estão acontecendo nestes experimentos?

4- Em seguida, o professor explica o fenômeno observado de interferência construtiva (I.C.) e destrutiva (I.D.) após a luz sofrer difração nas fendas, apresentando o slide a seguir com o fenômeno, ressaltando a dificuldade de se perceber a interferência destrutiva na propagação luminosa do dia a dia.



2 Aplicação do Peer Instruction

Nos slides a seguir estão as problematizações apresentadas e rerepresentadas aos alunos no Peer Instruction deste terceiro momento:

QUESTÃO 1



Os alimentos geralmente contêm uma certa porcentagem de água. A água é formada por moléculas polares, isto é, possuem polos nos seus extremos, um positivo e outro negativo. As microondas na frequência de 2,45 GHz carregam energia:

- a) térmica, que é absorvida por todas as moléculas do alimento, por ressonância, principalmente as de água.
- b) que pode ser absorvida por ressonância por qualquer molécula, inclusive as do recipiente.
- c) que pode ser absorvida por moléculas polares como as da água, por ressonância.
- d) que absorvida por todas as moléculas, por ressonância, diminuem a energia cinética das mesmas aumentando sua energia térmica.

WIKIPÉDIA
A enciclopédia livre

QUESTÃO 2

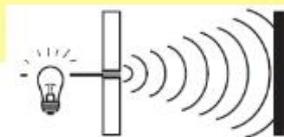


Em algumas obras de engenharia utiliza-se um aparelho chamado vibrador de concreto, cuja frequência coincide com a frequência natural de vibração da massa de concreto. A massa de concreto parece virar líquido durante o contato do aparelho com ela. Quando retiramos o vibrador da massa:

- a) a massa permanece no estado líquido, pois recebeu energia do vibrador que a transformou em definitivo.
- b) a massa endurece totalmente e quase que instantaneamente, pois o atrito do vibrador com a massa produziu calor, que endureceu o concreto.
- c) a massa retorna à situação de antes de colocar o vibrador, pois a água que o vibrador despejou na massa escorreu pelas laterais das formas.
- d) a massa retorna à situação de antes de colocar o vibrador, pois deixa de receber energia do vibrador.

WIKIPÉDIA
A enciclopédia livre

QUESTÃO 3



(ENEM adaptada) Ao diminuir o tamanho de um orifício atravessado por um feixe de luz, a intensidade luminosa diminui, e próximo da situação de completo fechamento do orifício, verifica-se que a luz apresenta um comportamento como o ilustrado na figura acima. Dentro de suas particularidades, o som, também pode se comportar dessa forma. Temos o mesmo fenômeno ocorrendo quando:

- a) ao se esconder atrás de um muro, um menino ouve a conversa de seus colegas.
- b) ao gritar diante de um desfiladeiro, uma pessoa ouve a repetição do seu próprio grito.
- c) ao encostar o ouvido no chão, um homem percebe o som de uma locomotiva antes de ouvi-lo pelo ar.
- d) ao emitir uma nota musical muito aguda, uma cantora de ópera faz com que uma taça de cristal se despedace.

Procedimento do professor, caso alguma das questões do Peer Instruction não alcance porcentagem satisfatória de acertos:

- Apresentação aos alunos do vídeo “Fenômenos ondulatórios Difração”, do Youtube, em <https://www.youtube.com/watch?v=NZlioXoojko>, acompanhado dos comentários do professor. Como ilustração cabe o vídeo de experiências com redes de difração também do Youtube no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=vuQz8wee23k>.

Quarto Momento

Nesta etapa foram necessárias quatro aulas: aulas 18, 19, 20 e 21, sendo as duas primeiras utilizadas na apresentação dos experimentos de polarização/efeito Doppler e explicação dos conceitos relativos a estes fenômenos, e as outras duas, na quarta e última aplicação do Peer Instruction, na apresentação de uma nova explicação dos conceitos, que se fez necessária, e em uma reaplicação do mesmo instrumento.

1 Sequência Didática – Polarização e Efeito Doppler

Polarização

1- Dois alunos são solicitados a se posicionarem na região central da sala segurando um fio de extensão telefônica, enrolado em forma de mola, um em cada extremidade.

- A um dos alunos é solicitada a produção de ondas estacionárias formando dois ou três fusos em um plano vertical, depois em um plano horizontal e depois em todos os planos possíveis. O restante da turma apenas observa.

2- O professor se posiciona em pé, aproximadamente no ponto médio do fio, com uma perna em cada lado do mesmo, formando uma espécie de fenda vertical.

- Aos alunos que seguram o fio é solicitada a execução das mesmas ondas estacionárias anteriores, com três fusos e nos mesmos planos: vertical, horizontal e todos os planos possíveis. Aos restantes é solicitada a observação cuidadosa do fenômeno.

3- Durante o experimento com a presença do professor/polarizador, inicia-se uma discussão baseada nos seguintes questionamentos, para cada plano de vibração da execução:

- Há alguma diferença visível entre as duas partes do fio separado pela presença do professor?

- O que ocorreu com a onda produzida no plano horizontal?

- O que ocorreu com a onda oscilando em todos os planos?

Após as respostas esperadas o professor diz que a onda que passou a vibrar em um único plano foi polarizada e este fenômeno se chama polarização.

4- O experimento utilizado para a explicação das ondas estacionárias, que utiliza um motor de aparelhos de CD, é montado e ligado, de modo a produzir ondas estacionárias com vários fusos e planos de vibração.

- Com a ajuda de dois dispositivos formados por dois palitos de madeira cada, paralelos e pouco espaçados, formando como se fosse uma fenda entre eles, dois alunos são solicitados a posicionar, primeiramente um dos palitos, aproximadamente no ponto médio do fio e, em seguida, o outro aluno a inserir o seu conjunto de palitos também, em qualquer ponto da onda estacionária em

execução, de maneira que fiquem, inicialmente, paralelos aos palitos do outro aluno.

- A um dos alunos é solicitado girar o seu par de palitos até os dois pares ficarem perpendiculares.

5- Durante este segundo experimento, nova discussão se desenrola baseada nas seguintes perguntas:

- O que ocorreu com a onda produzida ao passar pelo primeiro par de palitos?
- E quando o segundo par de palitos girou até ficar a noventa graus, o que ocorreu?

6- Para iniciar o terceiro experimento o professor faz a seguinte pergunta:

- E a luz? Ela também pode ser polarizada?

Com o uso de um pratinho de isopor contendo água e um óculos para pesca, com lentes polarizadas, o professor posiciona o reflexo de umas das lâmpadas exatamente sobre a lâmina d'água e solicita a cada aluno da sala pegar os óculos e, girando-o gradativamente, a partir de uma posição vertical até a posição de uso corriqueiro, observar a imagem refletida na água. Com a lente anti-reflexo da câmera fotográfica os alunos são orientados a fazer o mesmo.

7- Ao final o professor pergunta:

- O que aconteceu com o reflexo da lâmpada na água, conforme vocês foram girando os óculos?
- Ocorreu o mesmo quando giraram a lente?
- O que você pode afirmar a respeito da luz refletida pela água?

8- Em seguida, o professor explica o fenômeno da Polarização abordando:

- A necessidade de a onda ser transversal, para ser polarizada;
- O termo “polarizador”, para o objeto que provoca a polarização da onda;
- A vibração da onda polarizada em um único plano preferencial.

Efeito Doppler

1- A turma é dividida em grupos de cinco alunos e para cada grupo o professor entrega um questionário e procede da seguinte forma: aciona um som contínuo de frequência e

intensidade constantes, gravado em um aparelho celular, inicialmente com o aparelho em repouso. Depois, aproxima-o rapidamente do grupo e depois o afasta rapidamente também, solicitando aos alunos que observem possíveis diferenças entre os sons percebidos pelos mesmos na aproximação e no afastamento da fonte sonora.

2- Após o procedimento o grupo responde às perguntas:

- Os sons percebidos foram os mesmos, tanto na aproximação quanto no afastamento da fonte sonora?
- Se teve diferença, qual foi?
- Essa possível diferença tem algo a ver com a frequência percebida?
- O som com a fonte em repouso é diferente do som percebido na aproximação e no afastamento da fonte?
- Em alguma situação o som percebido é mais agudo? Se sim, quando?
- E há um momento em que ele é mais grave? Se sim, quando?
- Então nessas condições o som emitido pela fonte mudou sua frequência durante sua propagação?

3- Em seguida, o professor explica o Efeito Doppler utilizando abordando:

- A quantidade de frentes de onda que chegam ao observador na aproximação da fonte sonora e no afastamento;
- O fato de a velocidade do som no ar não ter se alterado durante o experimento;
- Na equação fundamental da ondulatória, a necessidade matemática de uma mudança na frequência percebida pelo observador, devido à mudança do comprimento de onda percebido pelo mesmo;
- Os sons serem mais agudos na aproximação (de maior frequência percebida) e mais graves no afastamento (de menor frequência percebida);
- A frequência real da onda sonora emitida não ter alterado sua frequência durante sua propagação, mas apenas ser percebida pelo observador com valores distintos.

2 Aplicação do Peer Instruction

Nos slides a seguir estão as problematizações apresentadas e reapresentadas aos alunos no Peer Instruction deste quarto momento:

QUESTÃO 1



Quando uma ambulância se aproxima ou se afasta de um observador, este percebe uma variação na altura do som emitido pela sirene. Esse fenômeno é denominado Efeito Doppler. Considerando o observador parado:

- a) o som percebido fica mais agudo à medida que a ambulância se afasta.
- b) a frequência do som emitido aumenta à medida que a ambulância se aproxima.
- c) o comprimento de onda do som percebido aumenta à medida que a ambulância se aproxima.
- d) o som percebido fica mais alto à medida que a ambulância se aproxima.

WIKIPÉDIA
A enciclopédia livre

QUESTÃO 2



Nos cinemas 3D, para criar a ilusão da 3ª dimensão, duas imagens iguais são projetadas simultaneamente na tela do cinema de maneira a não sobrepor uma à outra. Com o auxílio de óculos especiais, o espectador enxerga cada uma das imagens com um olho, obtendo, assim, a visão tridimensional:

- a) porque a luz refletida pela tela, ao atravessar as lentes dos óculos, fica polarizada.
- b) porque a luz refletida pela tela é polarizada e cada lente dos óculos filtra uma das imagens.
- c) porque as imagens projetadas na tela sofrem interferência construtiva resultando na imagem 3D.
- d) porque a luz polarizada refletida pela tela não atravessa as lentes dos óculos.

WIKIPÉDIA
A enciclopédia livre

QUESTÃO 3



Em certa região do planeta existe uma base militar que é usada para reabastecimento de aeronaves. A base possui um aparelho que detecta a frequência sonora emitida pelas aeronaves. A aeronave é considerada “amiga” se a frequência detectada pela base estiver entre 8000 e 12000 Hz.

- a) uma aeronave, cuja frequência do som emitido detectada pela base é de 6000 Hz, deve aumentar sua velocidade, para ser considerada “amiga”.
- b) uma aeronave, cuja frequência do som emitido detectada pela base é de 13000 Hz, deve aumentar sua velocidade, para ser considerada “amiga”.
- c) uma aeronave, cuja frequência do som emitido detectada pela base é de 7000 Hz, deve diminuir sua velocidade, para ser considerada “amiga”.
- d) uma aeronave, cuja frequência do som emitido na sua aproximação é de 12000 Hz, é considerada amiga independente de sua velocidade.

WIKIPÉDIA
A enciclopédia livre

Procedimento do professor, caso alguma das questões do Peer Instruction não alcance porcentagem satisfatória de acertos:

- Apresentação aos alunos do vídeo “Física – Ondas e som: efeito Doppler”, do Youtube, no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=QZRXEIcE4sA>, acompanhado dos comentários do professor, para complementar a explicação do respectivo fenômeno abordado nas questões do Peer Instruction.

Avaliação do Produto

Nesta etapa foram necessárias três aulas: aulas 22, 23 e 24, sendo uma para a construção dos mapas conceituais finais, uma para o questionário final e a última para o questionário de avaliação do produto pelos alunos.

1 Construção dos Mapas Conceituais Finais

O professor novamente faz uma breve explicação do que é um mapa conceitual e orienta os alunos, divididos nos mesmos grupos iniciais, a construir um novo mapa sobre a ondulatória podendo agora inserir os fenômenos ondulatórios, como exemplos ao final. Para isso é realizada uma nova “tempestade de ideias” orientada pelo professor.

Após a construção dos mapas, os grupos compartilham seu mapa com os colegas trocando e negociando significados. Depois dos possíveis ajustes, cada grupo apresenta seu mapa conceitual à turma toda, explicando seus significados.

2 Questionário Final

Para uma análise de uma possível aquisição dos conceitos apresentados no desenvolvimento dos trabalhos, é aplicado novamente o questionário inicial, organizado segundo uma escala de Likert adaptada.

3 Avaliação do Produto – Alunos

Ao aluno é solicitado que responda o questionário a seguir, elaborado para que ele possa expressar sua opinião sincera quanto ao seu desempenho pessoal como estudante, quanto ao desempenho de seu professor no desenvolver das atividades e quanto ao seu grau de satisfação em relação às estratégias de ensino adotadas, sem a necessidade de colocar o nome.

Avaliação das atividades desenvolvidas

Responda o questionário a seguir, elaborado para que você possa expressar sua opinião sincera quanto ao seu desempenho pessoal como estudante, quanto ao desempenho de seu professor no desenvolver das atividades e quanto ao seu grau de satisfação em relação às estratégias de ensino adotadas. Não há necessidade de colocar seu nome.

PARTE 1 – auto avaliação

Você se considera um aluno(a):

Ótimo Bom Regular

Você estuda em casa?

Sempre Às vezes Nunca

Você realiza as tarefas passadas em sala?

Sempre Às vezes Nunca

Você realiza as tarefas passadas para casa?

Sempre Às vezes Nunca

Você é um aluno(a) de iniciativa para o estudo?

Sim Dúvida Não

Você se dedicou aos estudos neste trimestre?

Sim Dúvida Não

Você tem facilidade para desenvolver atividades realizadas em grupos de colegas?

Sim Dúvida Não

Você gosta de apresentar para a sala os resultados dos trabalhos de seu grupo?

Sim Às vezes Não

Você costuma se reunir com algum colega para estudarem juntos?

Sempre Às vezes Nunca

Você e seus colegas se reúnem em grupos de estudo?

Sempre Às vezes Nunca

Você prefere desenvolver atividades e estudar sozinho?

Sim Às vezes Não

PARTE 2 – avaliação do professor

Ele apresenta com clareza as atividades?

Sempre Às vezes Nunca

Ele auxilia durante as aulas tirando suas dúvidas?

Sempre Às vezes Nunca

Ele estimula seu interesse pela matéria?

Sempre Às vezes Nunca

Ele relaciona a teoria com experimentos ou situações reais?

Sempre Às vezes Nunca

Ele esclarece todas as dúvidas?

Sempre Às vezes Nunca

Ele busca tornar as aulas interessantes e mais dinâmicas?

Sempre Às vezes Nunca

Ele trata você e seus colegas com educação e respeito?

Sempre Às vezes Nunca

Ele tem bom conhecimento dos conteúdos apresentados?

Sim Dúvida Não

Ele mantém o ambiente da aula em boas condições para se aprender?

Sim Dúvida Não

PARTE 3 – avaliação das estratégias adotadas

Mapas Conceituais

Você gostou de aprender a montar e utilizar os mapas conceituais?

Sim Dúvida Não

Você acredita que a construção de mapas conceituais é útil para sua aprendizagem?

Sim Dúvida Não

Você acredita que a construção de mapas conceituais facilita a organização de suas ideias?

Sim Dúvida Não

Você gostou das explicações dos mapas conceituais feitos pelos colegas?
() Sim () Dúvida () Não

Caso você tenha achado útil ou não o uso dos mapas conceituais nas aulas de Física, cite pelo menos um motivo que justifique sua resposta:
Foi útil porque:

Não achei útil porque:

Peer Instruction

Você gostou de responder perguntas usando o Peer Instruction e os Plickers (cartões resposta)?
() Sim () Dúvida () Não

Você acredita que discutir os problemas com os colegas ajuda a aprender?
() Sim () Dúvida () Não

Você teve dificuldade para entender as perguntas feitas no Peer Instruction?
() Sim () Dúvida () Não

Você teve dificuldade para discutir com os colegas as perguntas do Peer Instruction?
() Sim () Dúvida () Não

Caso você tenha achado útil ou não o uso do Peer Instruction nas aulas de Física, cite pelo menos um motivo que justifique sua resposta.
Foi útil porque:

Não achei útil porque:

Experimentos

Você gostou de ter experimentos para ajudar a entender os fenômenos ondulatórios?
() Sim () Dúvida () Não

Você acredita que usar experimentos ajuda e entender os fenômenos ondulatórios?
() Sim () Dúvida () Não

Você teve dificuldade de responder as perguntas feitas durante as discussões nas apresentações dos experimentos?
() Sim () Só em alguns experimentos () Não

Você gostaria que os conteúdos da Física fossem apresentados com uso de experimentos?
() Sim, sempre () Às vezes () Não, nunca

Você gostaria que existissem aulas onde vocês alunos montassem alguns experimentos?
() Sim () Dúvida () Não

Caso você tenha achado útil ou não o uso de experimentos nas aulas de Física, cite pelo menos um motivo que justifique sua resposta.

Foi útil porque:

Não achei útil porque:

Questionários de avaliação

Você gostou de responder perguntas usando este modelo de questionário conhecido como “questionário de Likert”?

Sim Dúvida Não

As questões apresentadas nos questionários foram de fácil entendimento e resposta?

Sim, achei fácil Dúvida Não, achei difícil de entender

Caso você tenha achado útil ou não o uso deste tipo de questionário nas aulas de Física, cite pelo menos um motivo que justifique sua resposta.

Foi útil porque:

Não achei útil porque: