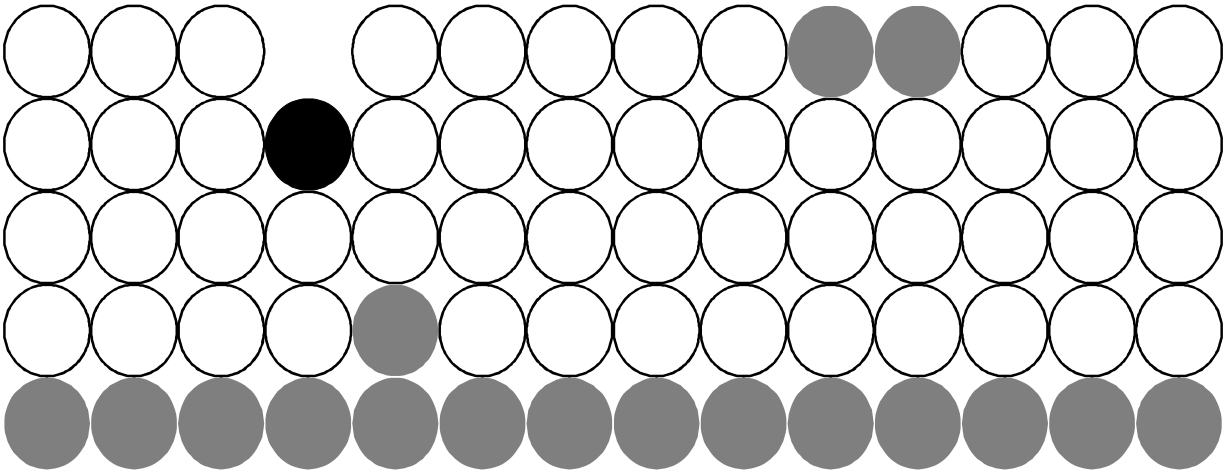
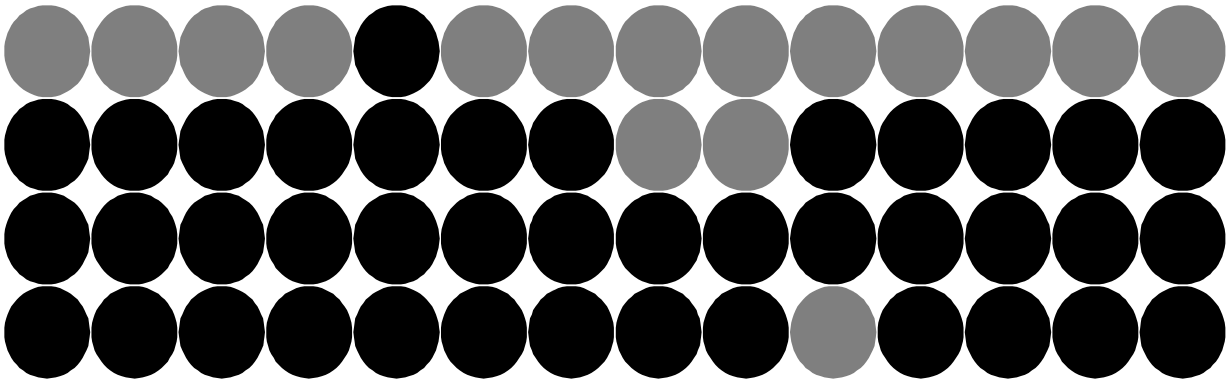
TEXTOS DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

V27. n.5 2016 ISSN 2448-0606



Uma sequência didática sobre ondas com os métodos Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) e Ensino sob Medida (*Just-in-time Teaching*)

Madge Bianchi dos Santos
Ives Solano Araujo
Eliane Angela Veit



Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Instituto de Física UFRGS

Textos de Apoio ao Professor de Física, v.27 n.5, 2016.
Instituto de Física – UFRGS
Programa de Pós – Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Editores: Marco Antonio Moreira
Eliane Angela Veit

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Setor Técnico da Biblioteca Professora Ruth de Souza Schneider
Instituto de Física/UFRGS

S236s Santos, Madge Bianchi dos
Uma sequência didática sobre ondas com os métodos Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) e Ensino sob Medida (Just-in-time Teaching) [recurso eletrônico] / Madge Bianchi dos Santos, Ives Solano Araujo, Eliane Angela Veit. – Porto Alegre: UFRGS, 2016.
110 p. ; il. (Textos de apoio ao professor de física / Marco Antonio Moreira e Eliane Angela Veit, ISSN 2448-0606; v. 27, n.5)

1. Ensino de Física 2. Ensino Médio 3. Teoria dos Campos Conceituais 4. Métodos de Ensino 5. Instrução Personalizada I. Araujo, Ives Solano II. Veit, Eliane Angela III. Título IV. Série.

Apresentação

A escola precisa de mudanças. Não é difícil encontrar trabalhos mostrando depoimentos de alunos e professores desmotivados. Aulas somente expositivas não despertam o interesse dos estudantes. É comum encontrarmos pessoas que concluíram o Ensino Médio e ficaram com uma experiência frustrante de aulas de Física, relatando que a Física, para elas, é um amontoado de fórmulas sem sentido. Este material apresenta uma proposta de trabalho que, em primeiro lugar, representa a alteração da visão e das atitudes da primeira autora quanto ao ensino e aprendizagem de Física. Uma alteração que se fez necessária a partir de uma reflexão sobre suas experiências docentes e sobre como as aulas de Física poderiam ser mais atrativas e com mais significado para os estudantes. O Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) foi fundamental nessa construção. A formação proporcionada pelo curso e as reflexões realizadas possibilitaram a elaboração desta proposta didática, como produto de uma dissertação orientada pelos professores Ives Solano Araujo e Eliane Angela Veit, da UFRGS. Uma condição inicial foi que a proposta pudesse ser aplicada em condições normais do cotidiano de sala de aula, no Ensino Médio, de uma escola da rede privada de Santa Catarina, em 2016. Esperamos também que esta proposta motive o leitor a testar outros métodos ativos, estimulando a participação dos estudantes em mais momentos das aulas.

Porto Alegre, novembro de 2016.

Madge Bianchi dos Santos

Ives Solano Araujo

Eliane Angela Veit

Sumário

1. Introdução 7
2. Planejamento das aulas 11
3. Como usar o IpC e o EsM 19
4. Instruções sobre o método de votação: o *app Plickers* 23
5. Proposta de aplicação de atividade experimental 31
6. Sugestão para aula de resolução de problemas. 35
7. Proposta para o debate 37
8. Considerações Finais 41
Referências 43
APÊNDICE A – Tarefas de Leitura (TL) 45
APÊNDICE B – Testes Conceituais (TC) 64
APÊNDICE C – Problemas Quantitativos (P) 84
APÊNDICE D – Respostas e comentários 94
APÊNDICE E – O espectrógrafo de caixa de cereal e cd 100
APÊNDICE F – Modelo de minirrelatório para ensino médio 102
Textos de Apoio ao Professor de Física 105

1. Introdução

É desafiador mudar a forma de lecionar uma disciplina como a Física. A natureza dos conteúdos e dos exercícios comumente utilizados nas aulas dessa disciplina pode gerar uma insegurança quanto a inovar na metodologia. Provavelmente a falta de opção de metodologias eficientes seja um dos fatores da predominância da metodologia expositiva nas aulas de Física, tanto de nível médio quanto de superior.

A proposta que apresentaremos utiliza os métodos ativos Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) e Ensino sob Medida (*Just-in-time Teaching*) de forma integrada, além de atividades de resolução de problemas quantitativos, uma atividade experimental e um debate. O objetivo é estimular o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem e também melhorar os resultados de aprendizagem. As literaturas nacional e internacional em ensino de Física indicam que os métodos Instrução pelos Colegas (IpC) e Ensino sob Medida (EsM) atingem esses objetivos (ARAUJO e MAZUR, 2013).

O IpC é um método de ensino criado pelo professor Eric Mazur, da Universidade de Harvard (EUA), no final dos anos 90, e usado originalmente em aulas de Física em cursos de graduação (ARAUJO e MAZUR, ibid.). Nessa proposta, a aula é composta por curtas exposições do professor, tipicamente 10min a 15min, intercaladas por questões conceituais de múltipla escolha (denominadas aqui de Testes Conceituais, TC). Os alunos votam individualmente e o professor pode obter, em tempo real, indicativos das dúvidas dos alunos. Quando a taxa de acertos na votação individual fica entre 30% e 70%, os alunos, em duplas ou trios, discutem a questão e fazem nova votação. Daí a denominação do método: Instrução pelos Colegas. Há diversas ferramentas para a votação nas respostas (cartões coloridos, dispositivos eletrônicos, levantar as mãos...), aqui sugerimos o aplicativo gratuito Plickers[1]. O único custo será o da impressão (em preto e branco) dos cartões de resposta, que podem ser reutilizados.

O EsM foi desenvolvido em 1999 por Gregor Novak (Universidade de Indiana, EUA) com a colaboração de outros professores (NOVAK et al., 1999), também para as aulas de Física, mas posteriormente sendo aplicado em aulas de outras disciplinas de cursos de graduação. Por meio do EsM, o professor incentiva os alunos a desenvolverem hábitos de estudo. Cada aluno tem acesso, antes da aula, a materiais (textos, vídeos, simulações) sobre o assunto a ser estudado e responde duas ou três questões (em um material denominado Tarefa de Leitura, TL). O professor, recebendo as respostas dessas questões (antes do momento da aula), pode planejar mais adequadamente o que será feito em aula de forma a melhor atender aquele grupo de alunos (ARAUJO e MAZUR, 2013). O fato de o ensino ser sob medida para *aqueles* alunos é o que nomeia o método.

[1] Disponível e com mais informações em: https://plickers.com/.

Nossa sequência didática foi planejada para 21 aulas de 45 min cada, sem aulas geminadas, na maior parte delas são utilizados os métodos IpC e EsM. Não é necessário que a escola tenha laboratório de física, nem de informática. Os materiais utilizados são de baixo custo. O Capítulo 2 contém o planejamento das aulas e os capítulos seguintes contêm instruções e sugestões de ferramentas para aplicação dos métodos que compõem a metodologia. Os apêndices contêm o material didático desenvolvido no mestrado.

Para que os assuntos abordados nesses materiais tivessem sentido para os estudantes, utilizamos como suporte teórico a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gerard Vergnaud. Elaboramos cinco questões norteadoras para a sequência didática sobre ondas, esperando que essas questões se tornassem situações[2] A sequência didática foi elaborada a partir da seguintes questões norteadoras:

- Por que os *tsunami* são chamados de ondas gigantes se não são sempre ondas "altas" como as que os surfistas buscam para recordes de surfar na maior onda?
- Como a voz de outra pessoa em um local distante chega tão rápido ao meu celular?
- Qualquer fonte de luz apresenta as mesmas cores que a luz do Sol?
- Ultrassonografia – como funciona? Os *tsunami* sofrem que alterações ao se aproximar da costa?
- Radiações ionizantes: quais os riscos à saúde humana?

Os assuntos abordados por essas questões são frequentes na mídia e/ou no cotidiano dos estudantes, o que pode facilitar a atribuição de significado aos conceitos físicos envolvidos. Esta atribuição é necessária para que os estudantes vissem a questão norteadora como uma situação a ser resolvida. Assim, com as questões norteadoras, elaboramos atividades no intuito de torná-las situações para os estudantes. Reduzimos os momentos de exposição (ou de exposição dialogada) e propusemos métodos que estimulam mais a participação do estudante. Não que o estudante não possa ser participativo em aulas com metodologia expositivo-dialogada, mas isso depende mais de uma atitude individual do aluno ou de uma característica pessoal do professor. A literatura em ensino de Física mostra que os métodos ativos têm alcançado bons resultados na promoção da participação dos estudantes.

Neste texto de apoio, estão disponíveis:

- Um quadro com a metodologia, com as aulas estruturadas em grupos ligados às questões norteadoras, no Capítulo 2;

[2] Situações são problemas, tarefas a serem resolvidas. E, na Teoria dos Campos Conceituais, são as situações que dão sentido aos conceitos. São necessárias várias situações para que haja aprendizagem sobre um mesmo conceito. A fundamentação teórica deste trabalho pode ser encontrada na dissertação de mestrado de Bianchi (2017).

- Explicações básicas de utilização dos métodos IpC e EsM de forma integrada, no Capítulo 3;
- Um guia de utilização do aplicativo gratuito *Plickers* (um método de votação para os Testes Conceituais do IpC), no Capítulo 4;
- Uma proposta para desenvolver uma atividade experimental com espectrógrafo de baixo custo, no Capítulo 5;
- Cinco Tarefas de Leitura (contendo os textos de apoio para o estudante), no Apêndice A;
- Uma lista de Testes Conceituais (51 testes), no Apêndice B;
- Listas de problemas (21 problemas divididos em três listas), no Apêndice C;
- Respostas e comentários (gabarito), no Apêndice D.

2. Planejamento das aulas

O Quadro 1 contém a estrutura da sequência didática. Cada Tarefa de Leitura prepara o estudo dos conteúdos de uma semana (três aulas).

Uma observação: a TL1 deve ser disponibilizada para os alunos na semana anterior à Aula 1. No capítulo seguinte, apresentaremos explicações de como utilizar os métodos IpC e EsM de forma integrada.

Quadro 1: Organização das etapas da sequência didática.

Questão norteadora (situação)	**Conceitos/Leis**	**Aula**	**Metodologia utilizada na aula**	**Tarefa de Leitura**
Por que os *tsunami** (exemplos recentes: Japão, 11 de março de 2011 e Indonésia, 26 de dezembro de 2004) são chamados de ondas gigantes se não são sempre ondas “altas” como as que os surfistas buscam para recordes de surfar na maior onda?	Comprimento de onda, velocidade de propagação, amplitude, crista, vale.	**1**	Comentários das respostas à TL1. Aplicação do IpC.	TL1 (para as aulas 1 a 3)
		2	Aplicação do IpC.	-
		3	Aplicação do IpC.	-
	Transporte de energia. Frequência e período. Dependência entre velocidade de propagação e meio de propagação. Equação $v=\lambda f$.	**4**	Comentários das respostas à TL2. Aplicação do IpC.	TL2 (para as aulas 4 a 6)
		5	Atividade de resolução de problemas em duplas.	-
		6	Aplicação do IpC.	-
Como a voz de outra pessoa em um local distante chega tão rápido ao meu celular?	Classificações: longitudinal/ transversal, mecânica/ eletromagnética. Espectro eletromagnético, espectro sonoro.	**7**	Comentários das respostas à TL3. Aplicação do IpC.	TL3 (para as aulas 7 a 9)
		8	Comentários das respostas à TL3. Aplicação do IpC.	-
		9	Aplicação do IpC.	-
Qualquer fonte de luz apresenta as mesmas cores que a luz do Sol?	Luz como onda. Espectro visível. Espectro de emissão do Sol.	**10**	Comentários das respostas à TL4. Breve exposição oral. Construção de espectrógrafo com caixa de cereal e cd.	TL4 (para as aulas 10 a 12)
		11	Término da confecção do espectrógrafo.	-

			Observação e registro de espectros de fontes diferentes.	
		12	Trabalho em grupo: organização dos registros (fotos) e análise dos registros. Cada grupo escreve um pequeno relatório.	-
Ultrassonografia – como funciona? Os *tsunami* sofrem que alterações ao se aproximar da costa?	Reflexão e refração de ondas.	**13**	Comentários das respostas à TL5. Aplicação do IpC.	TL5 (para as aulas 13 a 15)
		14	Retomar TL5. Atividade de resolução de problemas em duplas.	-
		15	Aplicação do IpC.	-
Radiações ionizantes: quais os riscos à saúde humana?	Radiação ultravioleta e radiação gama, frequência, energia, riscos à saúde, diferença entre contaminação e irradiação.	**16**	Apresentação do trabalho, formação dos grupos e divisão dos temas. Breve exposição sobre radiações ionizantes.	-
		17	Grupos organizam a apresentação e discutem os textos.	
		18		
		19	Realização dos debates (Uso de câmara de bronzeamento artificial e instalação de usina nuclear).	-
		20		
		21		

Estruturamos a sequência didática em cinco grupos de aulas, cada um ligado a uma questão norteadora. A primeira questão é “Por que os *tsunami* são chamados de ondas gigantes se não são sempre ondas ‘altas’ como as que os surfistas buscam para recordes de surfar na maior onda?”. As aulas de 1 a 6 estão ligadas a esta questão norteadora. O motivo dessa escolha foi constatarmos, na nossa experiência com estudantes de ensino médio, que a maioria deles mostra grande curiosidade e interesse sobre o assunto. Além disso, onda marítima é, em geral, o primeiro fenômeno lembrado pelos estudantes quando começam a estudar ondulatória. Os estudantes recebem um texto (com indicações de vídeos e simulações) para ser lido antes das aulas, e uma pequena tarefa sobre o texto, a ser entregue também

antes da aula. O objetivo é identificar os assuntos que já compreendem a partir da leitura e em quais apresentam mais dificuldades de compreensão. São previstas duas Tarefas de Leitura para essa situação: uma para as aulas 1, 2 e 3, e outra para as aulas 4, 5 e 6. As respostas dos estudantes devem ser analisadas antes da aula. Assim, ajusta-se o planejamento das aulas para atender melhor as dificuldades específicas daquele grupo de estudantes. As aulas 1, 2, 3, 4 e 6 utilizam o método Instrução pelos Colegas (instruções sobre como aplicar este método estão no Capítulo 3).

A segunda situação é “Como a voz de outra pessoa em um local distante chega tão rápido ao meu celular?”. As aulas 7, 8 e 9 estão ligadas a essa situação. A proposta é utilizar os mesmos tipos de atividades que nas aulas anteriores, inclusive com uma Tarefa de Leitura. “Qualquer fonte de luz apresenta as mesmas cores que a luz do Sol?” é a terceira situação. Antes das aulas ligadas a ela (aulas 10, 11 e 12) aplica-se uma Tarefa de Leitura. No início da Aula 10, propomos comentar as respostas dos estudantes e fazer uma breve exposição sobre o espectro visível da luz solar e a construção do espectrógrafo. Nas três aulas, os estudantes constroem um espectrógrafo de baixo custo, observam e fotografam espectros da luz emitida de diferentes fontes e comparam os espectros, escrevendo um minirrelatório, em grupos.

Para a quarta situação, escolhemos dois assuntos: ultrassonografia e retornar aos *tsunami* (“Ultrassonografia – como funciona? Os *tsunami* sofrem que alterações ao se aproximar da costa?”). Uma Tarefa de Leitura é proposta para as aulas ligadas a essa situação (aulas 13, 14 e 15). Nas aulas, discutem-se as respostas com os estudantes e aplica-se o método Instrução pelos Colegas. Também há uma aula com atividade de resolução de problemas quantitativos. Finalmente, a quinta situação visa conhecer os riscos das radiações ionizantes à saúde humana. A atividade proposta é um debate. Não propomos uma Tarefa de Leitura antes dessas aulas. A leitura antes dessas aulas é de textos selecionados pelos estudantes. Eles trazem os textos para as aulas para preparar, em grupos, quais argumentos utilizarão e de que forma organizarão a apresentação. Sugerimos dois temas para debate: o uso de câmaras de bronzeamento artificial (para estudar a radiação ultravioleta) e a instalação de usinas nucleares (para estudar a radiação gama). As aulas 16 a 21 compreendem discussão entre os estudantes, preparação e realização dos debates. O planejamento foi feito para que, durante o desenvolvimento das aulas, conceitos e leis fossem introduzidos e também revisitados em novas situações, agregando-lhes novos significados e ampliando os já existentes. Essa é uma das características trazidas pelo referencial teórico que suporta esse trabalho: a Teoria dos Campos Conceituais.

O desenvolvimento do material didático e da metodologia descritos nesse texto de apoio levaram em conta um levantamento de concepções prévias em ondulatória na literatura em ensino de Física. O Quadro 2 organiza esse levantamento.

Quadro 2 – Levantamento de preconcepções.

GRUPO	PRECONCEPÇÕES	REFERÊNCIAS
1 Conceito de onda, transporte de energia	- Ondas transportam matéria / Onda sonora transporta matéria (ar).	Gobara et al. (2007).
	- Deve haver um meio que transporte a onda. - Ondas não têm energia. - Quando uma onda se move, partículas se movem junto com ela, saindo do ponto de origem da onda e acompanhando sua direção de propagação. - A matéria se move com ondas na água.	Projeto 2061[3].
	- O meio no qual a onda se propaga é um conjunto de entes (partículas) individuais, independentes.	Bravo e Pesa (2005).
	- Onda como objeto bem localizado no espaço. Indicadores: "A onda vinda da antena entra nessa gaiola, mas não entra naquela"; "também não vai chegar onda nele?"; "porque a onda é maior que os furinhos que a gente não vê no papel alumínio, e não consegue passar e também porque ele é de metal." / O pulso comporta-se como (ou é) um objeto que se move na corda.	Erthal e Linhares (2008). Morini (2009) Projeto 2061
2 Características das ondas – velocidade, frequência, amplitude, frentes de onda	- Todas as ondas viajam da mesma forma. - Frequência está ligada à intensidade para todas as amplitudes. - Raios e frentes de onda são a mesma coisa.	Projeto 2061,
	- Ondas grandes viajam mais rápido que ondas pequenas no mesmo meio. / Quanto maior a amplitude, maior a velocidade de propagação da onda.	Projeto 2061, Gobara et al. (2007).
	- A velocidade de propagação de um pulso é determinada pela força com que a mão agita a corda ("capital dinâmico entregue à corda"). - O pulso comporta-se como (ou é) um objeto que se move na corda.	Bravo e Pesa (2005).
	- Maior rapidez na geração de um pulso implica maior velocidade de propagação do mesmo.	Erthal e Linhares, (2008). Morini (2009). Projeto 2061,
3 Fenômenos ondulatórios	- Refração é a curvatura das ondas. - A onda é destruída quando atinge uma superfície sólida.	Projeto 2061,
	- Ondas não contornam obstáculos.	Silva e Souza (2014).
	- A cor é uma propriedade intrínseca aos objetos,	Bravo e Pesa (2005).

[3] O Projeto 2061, do *American Association for the Advancement of Science* (AAAS), tem como objetivo o desenvolvimento da educação científica. O grupo fez um levantamento de preconcepções em ondulatória. Decidimos incluí-lo aqui, pois algumas preconcepções dele são semelhantes a outras que identificamos na literatura nacional, e outras são semelhantes ao que percebemos na experiência em sala de aula com estudantes de ensino médio mas não apareceram no nosso levantamento na literatura nacional.

GRUPO	PRECONCEPÇÕES	REFERÊNCIAS
	independe da luz com a qual são iluminados. - Luzes coloridas contêm cores que podem se misturar com as cores dos objetos.	
	- Existe onda de calor e onda de frio.	Gobara et al. (2007).
4 Ondas eletromagnéticas	- Raios gama, raios x, ultravioleta, luz visível, infravermelho, micro-ondas e ondas de rádio são tipos de ondas muito diferentes umas das outras. - Você vê e escuta um evento ao mesmo tempo. - Sons são carregados através dos fios dos telefones.	Projeto 2061,
	- Enquanto alguns tipos de radiações, tais como as naturais e as usadas em aplicações médicas, são úteis, outras, como as irradiações e os resíduos nucleares, são perigosas. - Se objeto é exposto à radiação ionizante, ele se torna radioativo. - Radiação ionizante não é natural e é sempre perigosa. Há muitas fontes de produção de radiação ionizantes. Celulares, rádios, TVs, equipamentos eletrônicos, raios x para aplicações médicas são as mais comuns.	Sesen (2010).[4]
5 Luz	- Diferentes cores da luz são diferentes tipos de ondas. - Luz apenas é, não tem um início. - Ondas de luz e ondas de rádio não são do mesmo tipo. - Não há interação entre a luz e a matéria. - Na refração as características da luz mudam. - A velocidade da luz nunca muda. - A soma de todas as cores da luz resulta na cor preta. - Luz existe na crista e não existe no vale. - Na refração a cor da luz muda. - Luz não é considerada como algo que se move de um ponto a outro com velocidade finita. - A luz de uma lâmpada se estende até certa distância e então desaparece. - A luz sempre atravessa materiais transparentes sem mudar a direção do movimento. - Quando um objeto é visto através de um material transparente, ele é visto exatamente onde está.	Projeto 2061,
	- Os raios de luz não precisam de sentido.	Silva e Souza (2014).
	- Luz é energia.	Silva e Souza (2014). Silva e Martins (2010).
	- Luz é algo presente em todo o ambiente. - Luz é uma propriedade do ambiente.	Silva e Martins (2010).

[4] Como encontramos poucas preconcepções sobre radiações ionizantes em revista nacionais, incluímos um artigo em revista internacional (SESEN, 2010).

GRUPO	PRECONCEPÇÕES	REFERÊNCIAS
6 Som	- A altura está relacionada à intensidade. - Sons podem ser produzidos sem o uso de qualquer objeto material. - Acertar um objeto com mais força muda a altura do som produzido. - Os sons da voz humana são produzidos por um grande número de cordas vocais, que produzem diferentes sons. - Som pode viajar no vácuo. - Som não atravessa líquidos e sólidos. - Em instrumentos de sopro, é o instrumento que vibra para produzir o som (e não o ar dentro deles). - Música é uma forma de arte e não tem nenhuma relação com ciência. - Ondas sonoras são transversais, como ondas na água. - Ultrassons são sons de "volume" extremamente baixos. - Megafones criam sons. - Poluição sonora é irritante, mas inofensiva.	Projeto 2061,
	- Som é uma substância que se propaga.	Gobara et al. (2007).
	- Maior frequência implica maior intensidade ("volume") do som. - Existem apenas oito notas musicais.	Morini (2009).

Não afirmamos que os conhecimentos listados no Quadro 2 são todos fisicamente incorretos. Um deles que merece destaque é sobre ondas marítimas. Esse assunto é pouco discutido nos materiais didáticos de Física de ensino médio e de cursos de graduação (SILVEIRA, VARRIALE, 2005), apesar de comumente despertar grande interesse por parte dos estudantes. Esse fato motivou fortemente a escolha de situações da nossa sequência didática.

Muitos estudantes, antes de participarem de aulas de Física, têm experiências com ondas em praias e a ideia de onda transportar matéria pode vir dessas experiências, já que eles veem objetos arrastados por ondas (às vezes eles próprios). Assim, há um conflito quando, nas aulas de Física e nos livros didáticos, estuda-se que "uma onda não transporta matéria", mas não se especifica em que casos. É compreensível que isto gere confusão. Parece, para o aluno, que a Física que ele *observa* no mundo é uma e a que está nos livros didáticos é outra!

Como o assunto, em geral, desperta interesse dos estudantes, mais ainda se utilizarmos o exemplo do *tsunami*, deve-se aproveitar para especificar em que casos há transporte de matéria. Por exemplo, na região de arrebentação (*surf*) de ondas, há, de fato, transporte de matéria. Também em outras situações em regiões no mar fora da zona de arrebentação, pode haver transporte de matéria, como no caso do efeito de deriva de Stokes.

No caso de ondas comuns, um pequeno volume de água é transportado um pouco no sentido de propagação da onda, um pouco no sentido contrário, junto à oscilação para cima e para baixo, em uma trajetória em forma de elipse (SILVEIRA, VARRIALE, 2005). Recomendamos a leitura do trabalho de Silveira e Varriale (2005) e de Santos e Barros (2008) que esclarecem bem estes assuntos.

Completamos esta seção de planejamento com uma lista de ferramentas para auxiliar a preparação das aulas, ou até mesmo como "cartas na manga" para esclarecer dúvidas que possam surgir no decorrer das aulas. Optamos por não descrever planos de aula, aula por aula, neste material, mas deixar as opções para que cada professor possa preparar esses planos de acordo com as dificuldades específicas de cada turma[5]. O Quadro 3 traz endereços de simulações computacionais gratuitas e de fácil acesso, com interface agradável e de fácil compreensão para estudantes de ensino médio.

Quadro 3 – lista de simulações sugeridas para essa sequência didática.

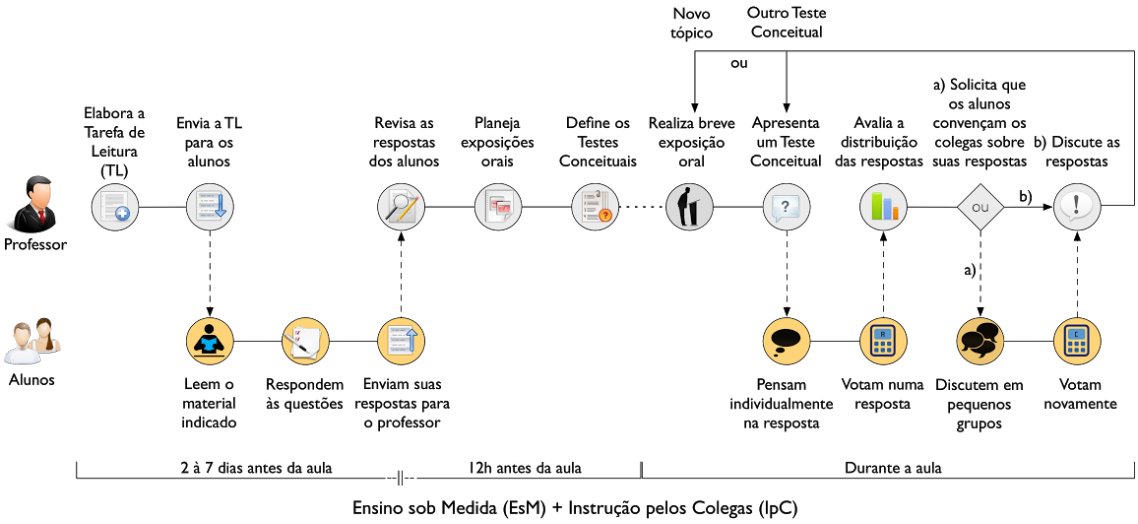
Simulação	Endereço	Conceitos sugeridos
Onda em corda	https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string	Amplitude, comprimento de onda, crista, vale, frequência, velocidade de propagação, dependência entre velocidade e meio de propagação, onda transversal. Reflexão de pulsos em obstáculo fixo e em obstáculo móvel. Interferência[6]. Superposição.
Som	https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/sound	Frequência e altura do som, amplitude.
Interferência de ondas	https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/wave-interference	Interferência construtiva, interferência destrutiva, superposição, reflexão de ondas sonoras.
Desvio da luz	https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/bending-light	Refração, reflexão, alteração no comprimento de onda, relação entre frequência e cor.
Diapasão e som	http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/diapasao.swf	Onda longitudinal, amplitude, compressão e rarefação.

[5] Os planos que usamos podem ser consultados em Bianchi, 2016.
[6] O fenômeno interferência não foi abordado na nossa sequência didática. Indicamos no Quadro 3 conceitos como superposição e os tipos de interferência apenas como informação extra, como possibilidades oferecidas pelos simuladores.

3. Como usar o IpC e o EsM

A Figura 1 esquematiza o uso integrado do IpC e do EsM, proposto por Araujo e Mazur (2013). Estão bem definidos o papel do professor e o papel do aluno em cada etapa. Em primeira análise, percebe-se a inversão da forma tradicional de uma aula: os estudantes têm contato com os conteúdos antes da aula, e, durante a aula, eles estarão mais ativos no processo. Passaremos a explicação de cada etapa.

Figura 1 – Organização das etapas com IpC e EsM combinados.



Fonte: Araujo e Mazur, 2013, p. 374.

Na etapa “2 a 7 dias antes da aula”, o professor elabora a Tarefa de Leitura. O objetivo dessa tarefa é que os alunos estudem os conceitos selecionados pelo professor, respondam questões simples e enviem as respostas para o professor antes da aula. A Tarefa de Leitura (TL) pode conter, além de textos, imagens, indicações de vídeos, de simulações, e outras ferramentas que possam auxiliar o estudante a compreender os conceitos. A TL pode ser enviada *on line* (por exemplo, com a ferramenta Formulários do Google). É um primeiro contato com os assuntos da aula, não o único. O professor envia a TL, os alunos estudam o material, respondem às questões e enviam as respostas para o professor.

Na etapa “12 h antes da aula”, o professor lê as respostas, identifica os assuntos que os alunos consideraram mais difíceis, e prepara a aula “sob medida” para as dificuldades daquela turma.

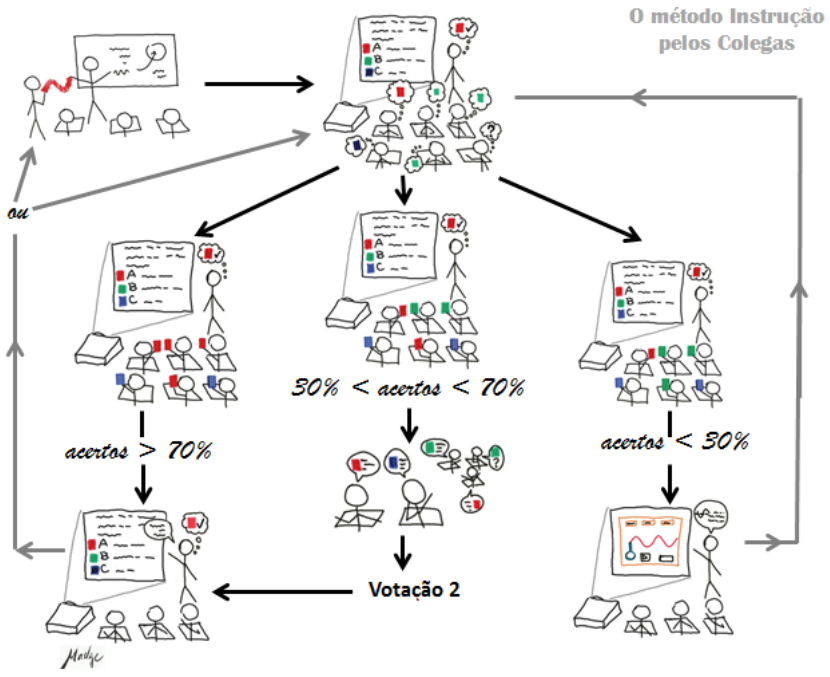
E na etapa durante a aula, o professor define os conceitos e prepara os Testes Conceituais (TC). Ele inicia a aula comentando as respostas da TL (pode projetar alguma respostas dos alunos, sem revelar os nomes) e responder eventuais dúvidas. Em seguida, faz uma breve exposição de um conceito (por exemplo, 10 minutos). Então exibe um TC, o lê em voz alta para a turma e pede que os alunos pensem individualmente na resposta. Eles não

devem se comunicar nesta etapa, pois é importante para a aprendizagem. Os alunos votam numa das respostas. O professor avalia o resultado da votação para decidir o que será feito.

- *Número de acertos entre 30% e 70%:* o professor pede que os alunos, em pequenos grupos, conversem sobre as alternativas, argumentando para tentar identificar a resposta correta. Isso dura de dois a três minutos. O professor pede que os alunos votem novamente. Os resultados na literatura mostram que quase sempre ocorre convergência para a resposta correta. Após a segunda votação, o professor explica as alternativas e revela a resposta correta, podendo passar à explicação de outro conceito ou aplicar outro TC sobre o mesmo conceito.
- *Número de acertos acima de 70%:* o professor explica as alternativas e revela a resposta correta.
- *Número de acertos abaixo de 30%:* a causa pode ser uma falha no TC ou os alunos não terem entendido bem o conceito. O professor faz uma breve exposição sobre o mesmo conceito, valendo-se de outras ferramentas ou outras formas de explicar e aplica um novo TC.

A figura 2 resume a aplicação do método Instrução pelos Colegas.

Figura 2 – Aplicação do método Instrução pelos Colegas.



Fonte: a autora.

A votação na resposta de um TC pode ser feita com cartões coloridos (*flashcards*, como mostrado na Figura 2), com dispositivos eletrônicos ou até mesmo levantando as mãos. Durante a elaboração da metodologia proposta neste Texto de Apoio, encontramos um

aplicativo gratuito denominado *Plickers*. Conhecíamos outros métodos de votação[7], mas o Plickers ofereceu mais vantagens dentro da nossa realidade: contagem e registro automáticos dos votos, banco de questões organizado por turma, ser gratuito e fácil de utilizar com turmas grandes, entre outras. Cada aluno recebe um cartão com uma imagem semelhante a um *QR-code* (representado na Figura 3b, as letras "A", "B", "C" e "D" estão aumentadas para melhor visualização neste trabalho). Os alunos levantam o cartão deixando para cima a letra da alternativa escolhida. O aplicativo lê, com a câmera do celular ou *tablet*, as respostas, e fornece o resultado da votação em tempo real, o que facilita muito o trabalho do professor (ver Figura 3).

Figura 3 – (a) Coleta de respostas com o aplicativo gratuito *Plickers*; (b) Cartão resposta utilizado nas votações com o Plickers.

(a) (b)

Fonte: <https://plickers.com/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

O Capítulo 4 fornece instruções para utilizar esse aplicativo.

Um ponto muito importante é o cuidado na elaboração dos Testes Conceituais (TC). Os TC não são iguais a outras questões que comumente aparecem em livros ou em listas de exercícios de física. Mazur (1997) elenca características frequentes de bons testes conceituais. Assim, um TC adequado deve:

- Abordar apenas um conceito;
- Ter alternativas adequadas;
- Não ser respondido com simples memorização;
- Não ser respondido com simples substituição em fórmulas;
- Não ser nem muito fácil nem muito difícil, e
- Não deve conter expressões de sentido ambíguo.

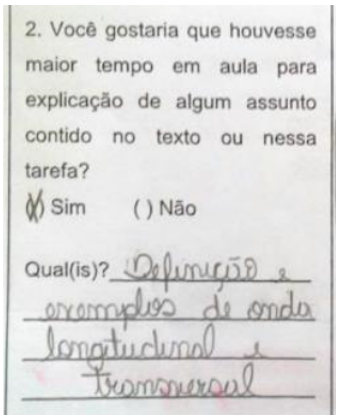
Na experiência que relatamos em nossa dissertação de mestrado (BIANCHI, 2016), percebemos que não é fácil elaborar bons Testes Conceituais. Uma solução é começar a

[7] Outros métodos de votação são apresentados em Araujo e Mazur, 2013 e em Bianchi, 2016.

utilizar o método Instrução pelos Colegas com materiais já desenvolvidos, disponíveis na literatura em ensino de Física e em *blogs* onde professores compartilham esses materiais. Por exemplo, na área de Eletromagnetismo, para ensino médio, há o material desenvolvido por Oliveira, Araujo e Veit (2012) e para as Leis de Newton, o material de Bernardes, Araujo e Veit (2016). Esses materiais contém, além dos TC, as Tarefas de Leitura (com textos de apoio para os alunos) e problemas quantitativos. As Tarefas de Leitura deste Texto de Apoio estão no Apêndice A, os Testes Conceituais estão no Apêndice B. Os Problemas quantitativos estão no Apêndice C e o Apêndice D contém respostas e comentários das TL, dos TC e dos problemas.

Outro cuidado imprescindível é com a Tarefa de Leitura. Primeiro, deve-se esclarecer aos estudantes que ela é um primeiro contato com os assuntos da aula, e que as questões visam informar ao professor o que eles entenderam e o que ficou difícil de compreender. Não se recomenda atribuir uma pontuação por acertos. Se o professor desejar atribuir uma nota, é preferível que seja pelo esforço do estudante em tentar responder, em cumprir a tarefa. A perda de pontuação, nesse caso, seria pela não entrega da tarefa, por copiar respostas dos colegas ou por escrever respostas sem conexão com o assunto estudado. Isto estimula mais os alunos a tentarem responder por si, e a enviarem *feedback* das suas dificuldades para o professor. Um item igualmente importante na Tarefa de Leitura é a parte em que se pergunta para o estudante quais assuntos ele considerou mais difíceis de compreender e para qual conceito ele gostaria que houvesse mais tempo de explicação na aula. A Figura 4 mostra um exemplo de uma resposta que obtivemos na aplicação desta proposta metodológica.

Figura 4 – Resposta de uma estudante em uma Tarefa de Leitura.


2. Você gostaria que houvesse maior tempo em aula para explicação de algum assunto contido no texto ou nessa tarefa?
(X) Sim ( ) Não
Qual(is)? Definição e exemplos de onda longitudinal e transversal

Fonte: Bianchi (2016).

Recomenda-se ainda que a Tarefa de Leitura não seja extensa. Sugerimos três questões sobre a leitura indicada. Tais questões não devem ser muito difíceis, mas também não podem ser respondidas com uma simples cópia de trechos do texto.

4. Instruções sobre o método de votação: o *app Plickers*

O aplicativo que recomendamos como ferramenta para as votações do IpC, o Plickers, é um aplicativo de leitura de códigos semelhantes a *QR codes*. O custo financeiro é unicamente o de impressão das folhas com os códigos. As folhas podem ser reutilizadas, se não forem dobradas, amassadas ou riscadas. Um mesmo conjunto de códigos pode ser utilizado para várias turmas. A Figura 5 mostra em (a) um momento de votação, conforme o professor visualiza no seu dispositivo – a contagem, os nomes dos alunos (ocultamos os nomes) e a resposta de cada um; e em (b) o relatório do fim da votação (colocamos nomes fictícios) – no final do relatório há um gráfico com as contagens totais das respostas, como em (a).

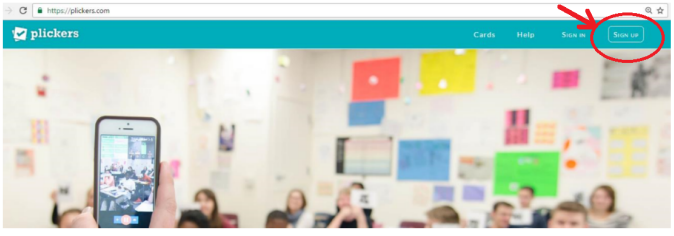
Figura 5 – (a) visualização do que aparece na tela do smartphone durante a votação; (b) visualização do que aparece na tela do dispositivo quando a votação é encerrada.

(a) (b)

Fonte: Bianchi (2016).

Como utilizar esse método? O professor acessa a página do Plickers (https://plickers.com/) e faz o registro de sua conta em "*Sign up*" no canto superior direito da página inicial, mostrada na Figura 6. A página está em inglês, contudo consideramos que as indicações que faremos são suficientes para usar o aplicativo.

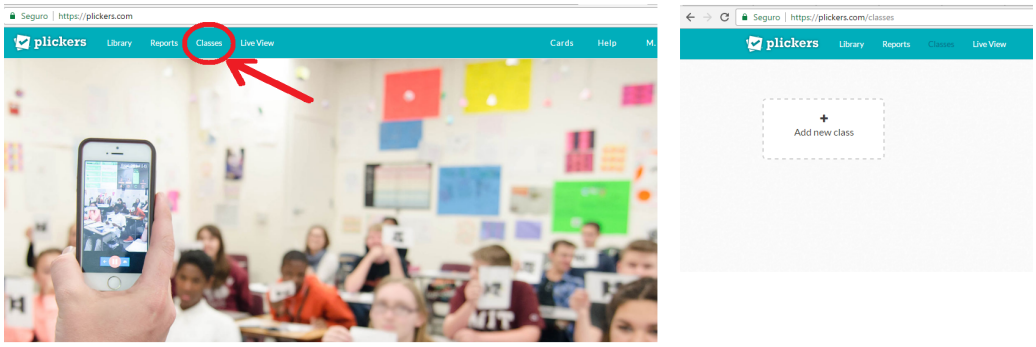
Figura 6 – imagem da página inicial Plickers.



Fonte: <https://plickers.com/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

Depois de fazer a conta, é preciso cadastrar a turma em "*Classes*" e "*Add new class*". A Figura 7 mostra o local da opção "*Classes*" (a) e a tela que aparece ao clicar nessa opção (b).

Figura 7 – (a) Localização da opção "Classes", (b) Tela que exibe as turmas cadastradas e a opção de cadastrar nova turma (*Add nem class*).

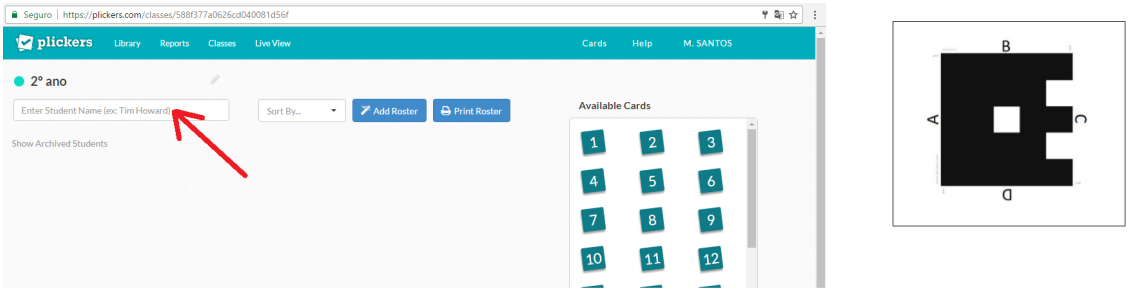


(a) (b)

Fonte: <https://plickers.com/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

Ao selecionar a opção "Add new class", é exibida uma pequena janela para nomear a turma, indicar o ano da turma e a disciplina ou assunto que será vinculado. Logo depois, abre-se a tela de cadastro dos nomes dos estudantes em cada número de cartão, conforme a Figura 8(a). Digita-se o nome do estudante na área que marcamos com uma seta. Com um "*enter*" do teclado, o estudante estará cadastrado e vinculado a um número do conjunto de cartões.

Figura 8 – (a) tela de cadastro dos estudantes de uma turma na conta do professor, (b) o cartão nº 1 do conjunto, com as letras ampliadas.



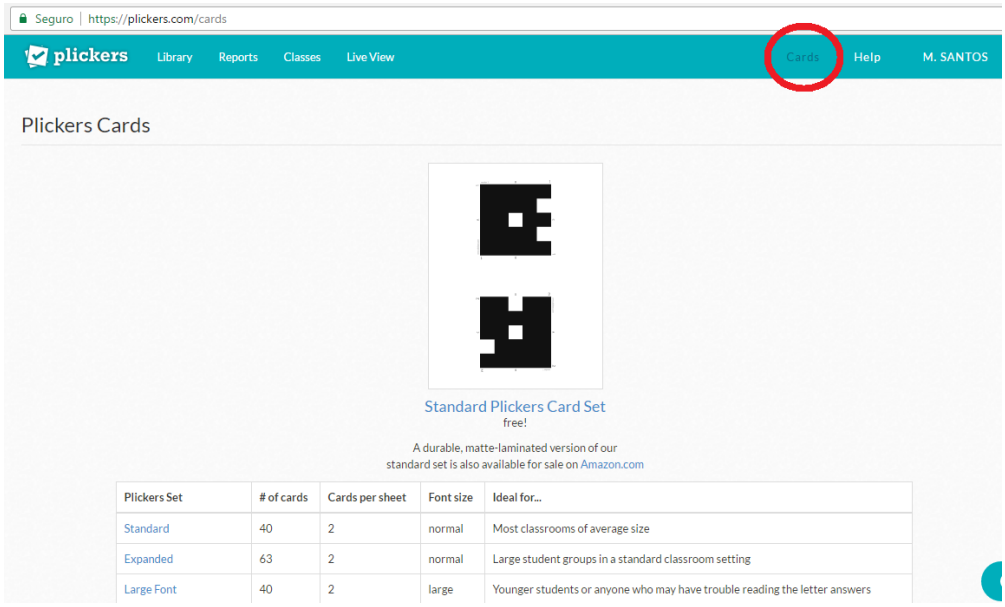
(a) (b)

Fonte: <https://plickers.com/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

Digita-se o nome de um aluno por cartão. O máximo é de 63 cartões. A Figura 8 mostra um exemplo da cartela com o código (b). Em cada um dos quatro lados do cartão estão as letras A, B, C e D (as letras foram aumentadas na nossa figura, no original as letras são pequenas para que os estudantes não vejam as respostas uns dos outros). O estudante deixa virada para cima a letra correspondente à alternativa que ele escolher como resposta. O

conjunto de cartões, em vários tamanhos, pode ser baixado em pdf na página do Plickers. Clicando na opção "*Cards*", aparece uma janela com diferentes tamanhos de cartões para baixar, inclusive com a opção de dois cartões por folha (ver Figura 9).

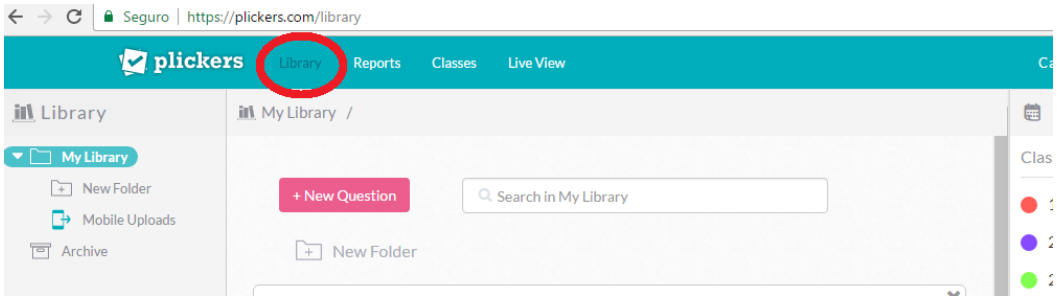
Figura 9 – Janela com os formatos de cartões disponíveis gratuitamente para download.



Fonte: <https://plickers.com/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

Ainda na página do Plickers, em "*Library*" (ver Figura 10), seleciona-se "*New question*" para criar uma questão que pode ser de múltipla escolha ou de verdadeiro ou falso.

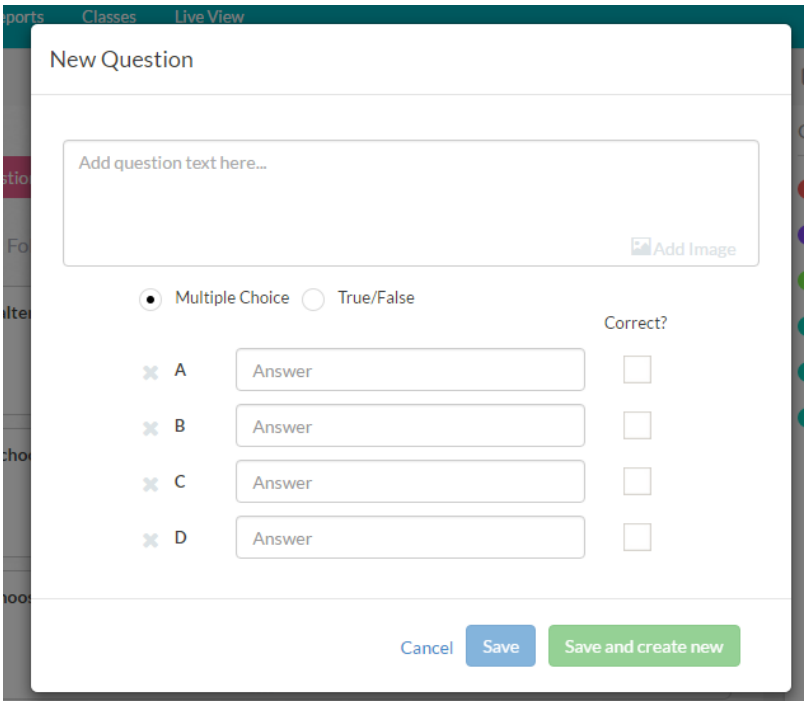
Figura 10 – Janela de cadastro de questões e de exibição de questões cadastradas.



Fonte: <https://plickers.com/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

No nosso caso, dos Testes Conceituais, fizemos questões de múltipla escolha com quatro alternativas. Podem ser apenas três se o professor desejar. Deve-se marcar qual é a alternativa correta, para que o aplicativo indique a porcentagem de respostas corretas nas votações. Basta selecionar um dos quadrinhos na coluna "*Correct?*" mostrada na Figura 11.

Figura 11 – Cadastro de nova questão.



Fonte: <https://plickers.com/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

Após salvar a questão, deve-se marcar em qual turma ela será usada (pode ser mais de uma turma por questão). Se não for feita essa marcação, a questão não aparecerá na tela do celular ou *tablet* quando a turma for selecionada no aplicativo. A Figura 12 é um exemplo de como é exibida uma questão cadastrada. Clicando no ícone semelhante a um calendário ou na opção "*Expand*", a questão aparece por inteiro, com a opção de vinculá-la a uma ou mais turmas.

Figura 12 – Exemplo de questão cadastrada e localização da opção *Expand*.

Fonte: <https://plickers.com/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

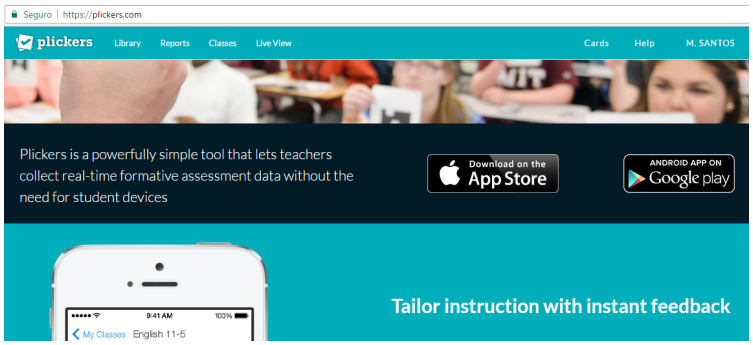
Na Figura 13, é mostrada a questão por inteiro. A opção *"+ Add to Queue..."* mostra todas as turmas cadastradas. Pode-se vincular uma ou mais a essa questão, clicando no nome da turma. A opção "*Collapse*" retorna à exibição da questão conforme a Figura 12.

Figura 13 - Opção *+ Add to Queue...*, que permite marcar a(s) turma(s) que utilizarão essa questão. A opção *Collapse* reduz a exibição da questão.

Fonte: <https://plickers.com/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

Com a conta criada, turma e questões cadastradas, bastará imprimir os cartões e baixar o aplicativo no dispositivo que o professor preferir. O aplicativo pode ser facilmente encontrado na página *Google Play* (Android) ou *AppStore* (iOS), por exemplo. Pode-se acessar esses endereços através da página do Plickers (Figura 14).

Figura 14 – Acesso para baixar o *app Plickers* na página inicial *Plickers*.



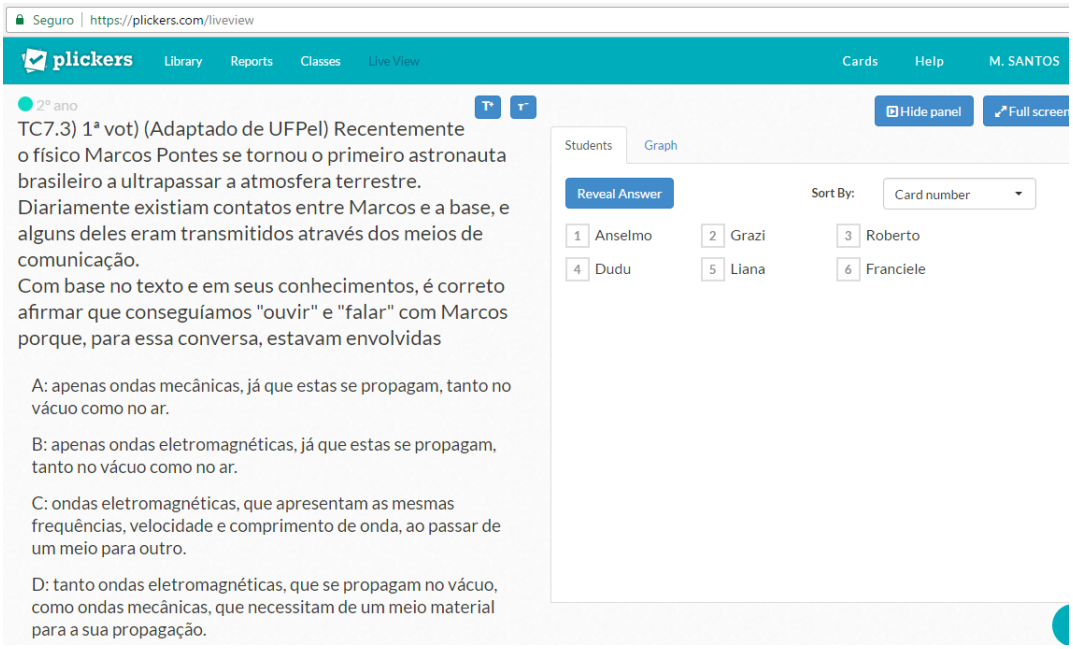
Fonte: <https://plickers.com/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

Recomenda-se uma boa qualidade de impressão dos cartões para não prejudicar a leitura dos códigos com a câmera. Não é preciso que o professor aproxime o dispositivo de cada cartão, o aplicativo faz a leitura a distância, em poucos segundos. O professor deve orientar os alunos a segurarem o cartão bem esticado, preferencialmente pela parte de cima, e não colocar os dedos sobre o código, nem mesmo tocando na borda do código, pois a leitura não será feita.

No momento da votação, o professor pode conferir no seu dispositivo se todos votaram. Não é necessário ter conexão com a internet para isso. O aplicativo funciona *off-line*. Assim que encontra conexão, envia o relatório de respostas para o histórico de questões na conta do professor, na página do *Plickers*. Também é possível acessar o histórico pelo aplicativo no *smartphone* ou *tablet*.

Uma ótima opção é usar a função "*Live view*" em um *notebook* conectado ao projetor multimídia. A questão é projetada ao lado da lista com os nomes dos alunos que vão sendo marcados à medida que votam. A Figura 15 apresenta um exemplo, que também pode ser exibido em tela cheia. Os nomes nessa figura são fictícios. Também é possível exibir imagens nessa função. Para essa funcionalidade é necessária conexão com a internet. O botão "*Reveal Answer*" mostra as respostas de cada aluno. Na metodologia que propomos, isso não deve ser utilizado, a não ser numa questão teste só para mostrar para os estudantes como o aplicativo funciona, algo como "qual seu filme favorito?", por exemplo.

Figura 15 – Exemplo de questão exibida com a opção *Live view*.



Fonte: <https://plickers.com/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

Na opção "*Library*" já referida, são exibidas todas as questões cadastradas. Fica registrado também, automaticamente, um histórico com os registros das votações. Em cada

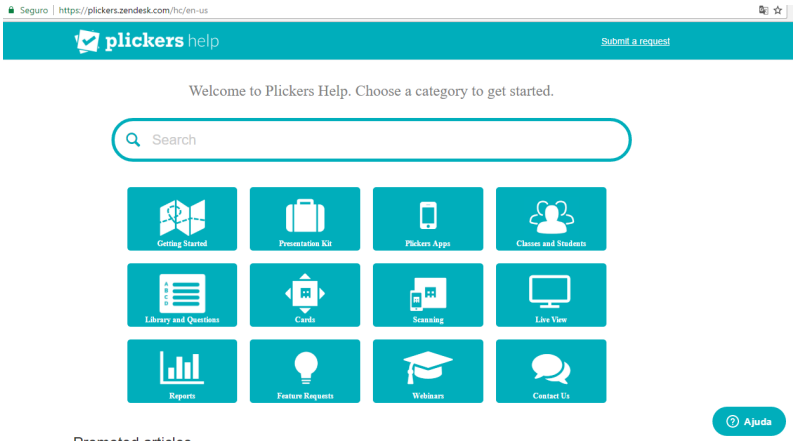
questão, fica registrada somente a última votação. Para o uso com o Instrução pelos Colegas, uma sugestão é cadastrar duas vezes a mesma questão, uma indicando que é a primeira votação, outra indicando que é a segunda (veja exemplo na Figura 16).

Figura 16 – Exemplo de questão com indicação de 1ª votação.

Fonte: <https://plickers.com/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

Apresentamos aqui as instruções básicas. Com elas, o leitor já poderá utilizar o aplicativo. Há ainda uma página de ajuda ("*Help*", Figura 17) que pode ser bastante útil, bem como FAQ (perguntas frequentes) e também a opção de enviar uma pergunta por e-mail.

Figura 17 – Tópicos da opção *Help*.



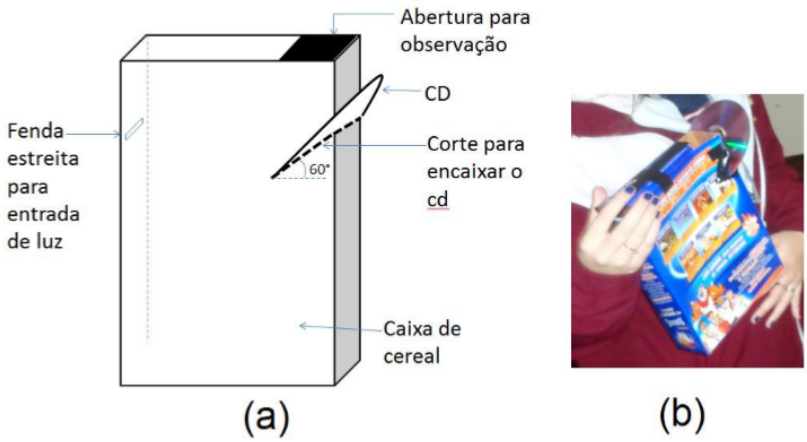
Fonte: <https://plickers.com/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

5. Proposta de aplicação de atividade experimental

Este capítulo apresenta uma sugestão diferente do modelo de roteiros experimentais. Optamos por uma orientação em sala para montagem do material, nesse caso o espectrógrafo e a indicação do objetivo da atividade, deixando os estudantes mais livres para trabalhar com o experimento. Na sequência didática aqui proposta, essa atividade é realizada nas aulas 10, 11 e 12. O objetivo é obter imagens (fotografias) de espectros da luz visível de fontes diferentes e perceber as diferenças ou semelhanças em relação ao espectro solar (questão norteadora das aulas 10, 11 e 12).

Na Aula 10, o professor inicia discutindo com a turma as respostas da Tarefa de Leitura e tirando dúvidas que possam surgir nessa discussão. A seguir, faz breve exposição sobre o espectro da radiação solar, com mais ênfase no espectro visível. Explica a montagem do espectrógrafo (pode projetar os esquemas do artigo de Westra, 2007[8]). A Figura 18 mostra um modelo do espectrógrafo e uma foto de um espectrógrafo construído por estudantes de ensino médio, 2º ano. Se a montagem será individual ou em grupo, fica a cargo do professor, pois fatores como o número de alunos e o espaço disponível vão influenciar na escolha.

Figura 18 – (a) Modelo do espectrógrafo proposto; (b) espectrógrafo construído.



Fonte: a autora.

A Aula 11 é de observação e registros. Convém mostrar aos estudantes algumas fotos de imagens obtidas com aparatos similares (por exemplo, do próprio artigo de Westra, ibid.), para que saibam o que precisarão registrar.

[8] No artigo de Westra, consta o nome “espectrômetro”. Optamos por chamar de espectrógrafo, já que não podemos fazer medidas de comprimento de onda com esse aparato.

A Figura 19 está no artigo de Westra (2007) e mostra o espectro da luz emitida por uma lâmpada incandescente ao lado de uma foto da lâmpada. No mesmo artigo há outras imagens de espectros que o professor pode utilizar na explicação sobre o espectro visível e sobre a atividade experimental de forma geral. Como a metodologia aqui proposta utiliza a questão norteadora “Qualquer fonte de luz apresenta as mesmas cores que a luz do Sol?”, recomenda-se mostrar as que são semelhantes (lâmpada incandescente, vela, Sol) e deixar que os estudantes vejam, por si mesmos, se as outras são diferentes.

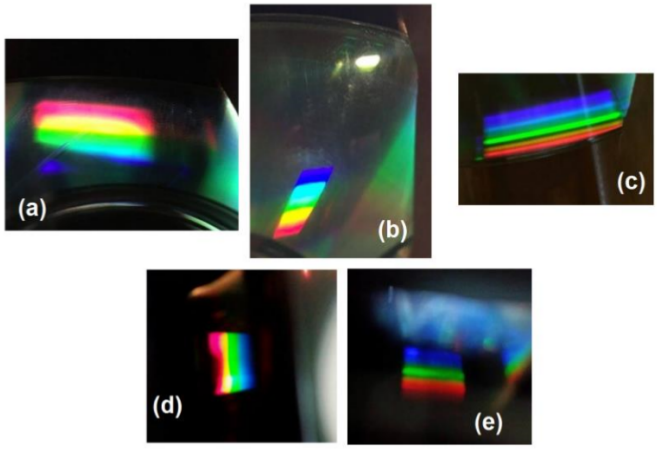
Figura 19 – Espectro da luz emitida por lâmpada incandescente.

Fonte: Westra, 2007, pág. 3.

A fenda deve ser apontada para a fonte emissora de luz (no caso de luz solar, basta apontar para a janela num dia bem iluminado – atenção aqui, os alunos não devem olhar diretamente para o Sol). Os alunos observam pela abertura maior, ali também podem posicionar a lente do celular ou de uma câmera digital para registrar as imagens dos espectros. O Apêndice E contém imagens explicativas da construção do espectrógrafo e a lista dos materiais necessários.

A Figura 20 mostra exemplos de fotos obtidas por estudantes do 2º ano do ensino médio, na sequência didática descrita em nossa dissertação.

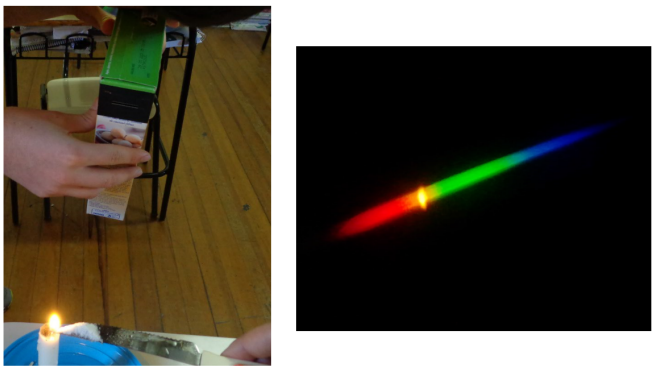
Figura 20 – (a) e (b) espectro solar, (c) e (e) espectro de luz de lâmpada fluorescente, (d) espectro da luz de lâmpada incandescente.



Fonte: Bianchi (2016).

O professor prepara antecipadamente diferentes fontes de luz e as deixa na sala de aula para que os estudantes observem-nas com o espectrógrafo. Westra (2007) sugere algumas fontes: lâmpada incandescente, lâmpada fluorescente, tela de computador (em branco), chama de uma vela... Uma alternativa interessante é colocar cloreto de sódio na ponta de uma faca de mesa e deixar na chama de uma vela. O sódio emitirá luz amarela, que se destacará no espectro da luz emitida pela chama (Figura 21).

Figura 21 – (a) Cloreto de sódio na chama de uma vela, observação com espectrógrafo de caixa de cereal e cd; (b) Espectro da luz da chama da vela com destaque da luz amarela emitida pelo sódio.



(a) (b)

Fonte: a autora.

O CD é uma rede de difração. Ocorre difração com a luz quando ela desvia de um obstáculo ou ao atravessar um orifício de dimensões comparáveis ao seu comprimento de onda. Quando a luz proveniente da fenda incide no CD, os comprimentos de onda são separados, devido aos sulcos com espaçamento micrométrico, que fazem luz de diferentes comprimentos de onda ser refletida em direções diferentes, permitindo a visualização do espectro (Figura 22).

Figura 22 – Representação de uma rede de difração (superfície de CD) ampliada 6250 vezes. Os sulcos e o espaçamento entre eles têm dimensão micrométrica.

Fonte: Westra, 2007, pág. 2.

Sugerimos que os estudantes formem grupos e escolham duas fontes de luz para fazer os registros. Podem fazer mais de uma fotografia de cada fonte, com diferentes espectrógrafos (se o grupo tiver mais de um).

Na Aula 12, eles vão escrever, em grupo, um minirrelatório, explicando o experimento e comparando os registros que escolheram (comparação dos espectros de duas fontes de luz diferentes). O professor pode circular pela sala, orientando cada grupo e esclarecendo as dúvidas. No Apêndice F há um modelo de minirrelatório. Em cada parte, há explicações sobre o que escrever.

6. Sugestão para aula de resolução de problemas.

Na metodologia que propomos há três aulas de resolução de problemas. O Apêndice C contém três listas com 21 problemas ao todo. Cada uma das listas está relacionada com a questão norteadora daquele bloco de aulas. A maioria desses problemas são quantitativos.

Para que as aulas de resolução de problemas também estimulem mais a participação dos estudantes, podem ser conduzidas, desde o início, com os estudantes já resolvendo os problemas juntos, e o professor circulando entre os grupos para auxiliar no que for necessário. O professor observa os alunos trabalhando, e pode intervir, caso julgue necessário que algum grupo precise de ajuda, ou ainda fazer uma breve explicação para a turma, no quadro, ou até mesmo resolver um problema similar, como exemplo. Consideramos coerente com a metodologia aqui apresentada que o professor evite ficar a aula toda resolvendo problemas no quadro e os alunos apenas observando. Isso não significa que não possa haver momentos de aula expositiva, mas sim que sejam breves. E que o aluno seja ativo na maior parte da aula.

7. Proposta para o debate

Neste capítulo vamos descrever uma proposta para realizar um debate com o tema radiações ionizantes. Esta proposta é inspirada no trabalho com debate em turmas de Ensino Médio, realizado pela professora de português e redação Adriana Panazzolo Lebkuchen[9]. Assistimos algumas aulas com a realização desta atividade e a consideramos um bom ponto de partida para elaborar esta proposta. Elementos como réplica e tréplica foram inseridos de forma semelhante à proposta de Nogueira (2016)[10]. Selecionamos dois subtemas que envolvem conceitos científicos, mas também questões sociais, ambientais e de saúde, com o objetivo de possibilitar que os estudantes vissem a Física como uma ciência imbricada na sociedade da qual participam, percebendo que os conhecimentos científicos são importantes, senão indispensáveis, na tomada de decisão em situações que afetam a todos.

Os dois subtemas são: uso de câmara de bronzeamento artificial e instalação de usinas nucleares. As aulas 16, 17 e 18 são de preparação para o debate. As aulas 19, 20 e 21 são para realização dos debates e finalização da atividade.

A turma pode ser dividida em quatro equipes, duas para cada subtema, de modo que, para cada tema, uma equipe defenda a posição contra e a outra defenda a posição a favor. Assim, para o subtema *Uso de câmara de bronzeamento artificial*, duas equipes debaterão defendendo a liberação ou não do uso, e as outras duas equipes, ficarão de expectadores e júri. Os estudantes, quando estiverem na posição de júri, precisarão, ao fim do debate, se posicionar e indicar quais argumentos de uma das equipes foram decisivos para seu posicionamento.

O debate de um subtema ocorre em uma aula. Na metodologia descrita no Quadro 1, Capítulo 2, deixamos três aulas para o debate. A terceira aula pode ficar para finalização e discussão com a turma das questões debatidas, dos posicionamentos, do respeito entre eles, além de o professor poder realizar algum tipo de avaliação, se assim desejar[11].

Considerando uma aula de 45 min, determinamos etapas para que um debate fosse encerrado em uma aula, aproximadamente. Chamaremos de equipe A e equipe B as equipes de posicionamentos diferentes de um mesmo subtema.

1) Equipe A – apresenta seus argumentos (até 10 min).
2) Equipe B – apresenta seus argumentos (até 10 min).

[9] Comunicação privada.
[10] O texto sobre debate no blog de Caroline Nogueira está disponível em: <http://professoranogueira.blogspot.com.br/p/debate.html>.
[11] Na experiência descrita na nossa dissertação, utilizamos parte da Aula 21 para os alunos responderem um questionário de avaliação da metodologia utilizada e da visão sobre seu aprendizado.

3) 1ª rodada de perguntas – uma equipe pergunta para a outra, alternadamente (até 10 min).
4) 2ª rodada de perguntas – estudantes do júri fazem perguntas, de preferência alternando as equipes que responderão (até 10 min).
5) Estudantes do júri escrevem seu posicionamento e os argumentos principais que influenciaram a decisão (até 5 min ou o tempo restante da aula).

É importante elaborar regras para manter o debate organizado. O professor pode sugerir algumas regras e negociar mudanças com os alunos durante uma das aulas de preparação para o debate. Essas regras podem ser impressas e passadas para as equipes na etapa de preparação. Deixamos aqui algumas como ponto de partida.

- *Regras para apresentação dos argumentos*

  - Permitido usar *datashow*, apenas com imagens, legendas, títulos e/ou referências. Blocos de texto não são permitidos.
  - Permitido usar vídeo durante a argumentação (até 2 min de vídeo).
  - Necessário citar referências confiáveis das informações citadas, para sustentar a argumentação.
  - Permitido levar anotações.
  - Estudantes que se limitem a ler alguma anotação e mostrem desconhecimento do assunto terão avaliação mais baixa.
  - Encerrado o tempo de apresentação (10 min), a equipe deve parar imediatamente.
  - Não é permitido citar informação sem a fonte (torna o argumento inválido).
  - Não é necessário que todos os integrantes da equipe falem na apresentação, os que não falarem podem participar mais nas rodadas de perguntas.
  - No início da apresentação, cada equipe deve entregar ao professor uma lista com as referências utilizadas e o nome dos integrantes da equipe.
  - Haverá um sorteio para decidir qual equipe faz a primeira apresentação. O sorteio será no início da aula de debate, então todos os estudantes devem estar presentes.
  - Todo o material utilizado na projeção deve estar disponível *off-line*, por segurança. Podem ser utilizados materiais que dependem de acesso à internet, mas se houver perda de tempo no acesso, ou se não houver acesso durante a apresentação, a equipe ficará prejudicada – o tempo não será descontado, e a falta do material poderá reduzir a clareza da apresentação.

- *Regras para a 1ª rodada de perguntas.*

  - Será sorteada a equipe que fará a primeira pergunta.
  - O tempo máximo para a pergunta ou comentário a algum argumento é 1 minuto.
  - O tempo máximo para a réplica é 2 minutos.
  - O tempo máximo para a tréplica é 1 min.

- *Regras para a 2ª rodada de perguntas.*

  - O tempo máximo para a pergunta é 1 min.

  - O tempo máximo para a resposta é 1 min.

  - Podem ser feitas perguntas direcionadas às duas equipes, cada uma terá 1 min de resposta para uma mesma pergunta.

- *Regras gerais (podem ser colocadas num cartaz na sala de aula, no início do debate).*

  - Não são permitidas ofensas pessoais, nem às equipes, devendo haver respeito mútuo.

  - Os tempos de fala são definidos. Se algum tempo for prejudicado, o professor acrescentará o tempo perdido para quem está com o direito de falar.

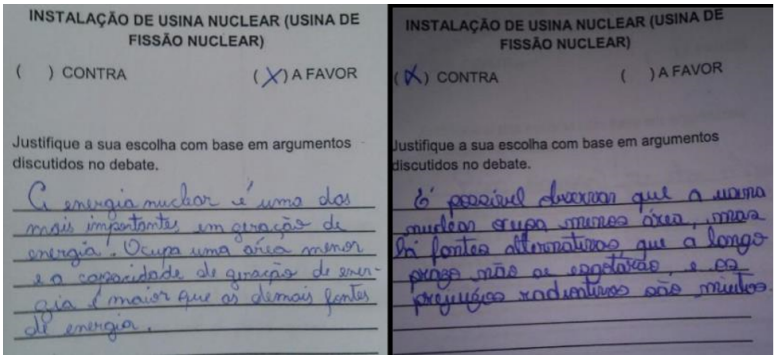
  - Encerrado o tempo, a pessoa deve terminar a fala imediatamente.

  - O júri não pode interferir nas etapas de apresentação e na primeira rodada de perguntas.

  - Se houver problemas quanto ao cumprimento das regras, cabe ao professor uma decisão, que deve ser respeitada por todos no debate.

Um recurso interessante para manter a organização durante o debate é a utilização de um cronômetro com sinal sonoro, preferencialmente um que possa ser projetado com o *datashow*, para que os estudantes possam ver o tempo passando e consigam organizar melhor sua fala. Outro recurso é utilizar fichas para os estudantes que ficarão no júri. A Figura 23 mostra um exemplo de ficha, aplicada na experiência descrita na nossa dissertação.

Figura 23 – Ficha de posicionamento e argumentação, no fim do debate.



Fonte: Bianchi (2016).

Nas aulas 16, 17 e 18, de preparação para o debate, o professor orienta os estudantes na preparação de seus argumentos e na divisão de tarefas dentro da equipe. Se a turma for grande, pode-se subdividir as equipes em grupos de poucos alunos para facilitar a preparação e a pesquisa. É necessário ficar atento às referências selecionadas pelos estudantes, orientando-os quanto à confiabilidade das informações e a pesquisar sempre em mais de uma fonte. No caso do bronzeamento artificial, é importante ter como fontes documentos ou comunicados de órgãos oficiais da área da saúde, por exemplo. Tratando-se de câncer,

podemos citar o INCA (Instituto Nacional do Câncer). No caso das usinas nucleares, podemos citar a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear).

8. Considerações Finais

Caso o leitor queira ter mais informações sobre a realização de experiências de ensino com esses métodos ativos, pode acessar nossa dissertação (Bianchi, 2016) e também a dissertação de Oliveira (2012) e Bernardes (2016). Essas dissertações apresentam relato aula a aula e chegam a resultados positivos da aplicação, tanto quanto à aprendizagem quanto à receptividade dos estudantes aos novos métodos. É possível, portanto, mudar a metodologia para ensino-aprendizagem de Física, acrescentar uma opção às aulas expositivas.

Ao ver este planejamento, um professor de Física do ensino médio provavelmente fará alguns (justos) questionamentos. Vamos comentar alguns dos possíveis questionamentos.

Quanto à grande quantidade de conteúdos no ano letivo e o pouco tempo disponível. Podemos ficar receosos ao pensar em novas metodologias, com tantos assuntos para tratarmos nas aulas. Isso depende da visão que se tem das aulas e de sua função. Nesta metodologia, se ganha mais tempo com as Tarefas de Leitura, pois os estudantes já participam da aula com conhecimentos iniciais, já estão mais preparados para formularem perguntas mais aprofundadas, já sabem o que vão estudar (iniciaram a aprendizagem antes da aula). Além disso, identificar as dificuldades antes da aula permite otimizar as explicações para atacar as maiores dificuldades de compreensão da turma. Na nossa experiência de aplicação dessa metodologia, o planejamento do ano letivo fluiu normalmente.

Mas as Tarefas de Leitura trazem trabalho extra para o professor. Cada professor avaliará sua possibilidade. Aqui propusemos uma Tarefa de Leitura para cada três aulas. A ferramenta Formulários do *Google* reduz o tempo de revisar as respostas, pois as agrupa em um relatório prático, numa planilha, além de fornecer estatísticas sobre as respostas de questões de múltipla escolha. Outra questão é a quantidade de alunos na turma, o professor precisará avaliar se será possível revisar as respostas. Também se pode usar esse método (Ensino sob Medida) em apenas numa das turmas que o professor leciona, e experimentar o método para avaliar a questão do tempo.

Não há tempo ou possibilidade de fazer vídeos para os alunos estudarem antes da aula. Caso o professor não possa produzir os próprios vídeos, há vários disponíveis gratuitamente, principalmente na página *YouTube* (como exemplos, podemos citar os canais Mago da Física, *Me Salva, Física Fábris, Física Total*, entre outros).

É necessário que o professor resolva muitos problemas no quadro. Talvez menos do que imaginamos. Deixar mais tempo para que os alunos resolvam problemas em sala permite que o professor possa identificar dificuldades antes da realização de provas ou outro tipo de avaliação com problemas quantitativos, mais do que utilizar apenas a metodologia expositivo-dialogada.

Poderíamos listar outros questionamentos. O intuito aqui não é argumentar contra a metodologia expositiva. A ideia é que ela não seja a única. E também oportunizar maior participação dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem, criar mecanismos que forneçam *feedback* da aprendizagem em mais momentos do processo.

Esperamos que este produto educacional motive a diversificação de metodologias de ensino e que auxilie a prática do professor com métodos ativos.

Referências

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2: p. 362-384, ago. 2013.

BIANCHI, M. S.; VEIT, E. A. Métodos ativos de ensino: instrução pelos colegas e ensino sob medida aplicados ao ensino de física. In: **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Uberlândia, 2015. Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/mpef/pi/pi_jitt_XXI_SNEF.pdf> . Acesso em: 10 out. 2016.

BERNARDES, J. Bernardes. **Aplicação do método Peer Instruction na abordagem das leis de Newton no ensino médio**. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

BERNARDES, J.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Aplicação do Método Peer Instruction na abordagem das Leis de Newton no Ensino Médio.** Texto de Apoio ao Professor de Física, v. 27, n.4, 2016. Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v27n4_bernardes.pdf >. Acesso em: 12 out. 2016.

DESLAURIERS, L.; SCHELEW, E.; WIEMAN, C. Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class. **Science**, v. 332, n. 6031, p. 862-864, 2011.

FREEMAN, S. et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America PNAS**. Boston, EarlyEdition, mai. 2014.

GOBARA, S. T. et al. O conceito de ondas na visão dos estudantes. **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências**. Florianópolis, 2007. Disponível em: < http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p1055.pdf>. Acesso em: 12 out. 2016.

MAZUR, E. **Peer Instruction –** A revolução da aprendizagem ativa**.** Porto Alegre: Penso, 2015.

NASCIMENTO, C. S.; GOBARA, S. T. Uma Introdução ao ensino de ondas Sonoras. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007, São Luís. **Livro do programa do XVII Simpósio**. São Luís, v. 1, p. 1-11, 2007. Disponível em: < http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=snef&cod=_umaintroducaoparaoensino>. Acesso em: 12 out. 2016.

NOGUEIRA, C. Debate. Professora Caroline Nogueira, BLOG. Disponível em: <http://professoranogueira.blogspot.com.br/p/debate.html>. Acesso em: 12 out. 2016.

NOVAK, G. et al. Just-in-Time Teaching. Disponível em: < http://jittdl.physics.iupui.edu/jitt/>. Acesso em: 29 jan. 2015.

OLIVEIRA, V. **Uma proposta de ensino de tópicos de Eletromagnetismo via Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida para o ensino médio**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: < http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/61863>. Acesso em: 12 out. 2016.

OLIVEIRA, V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Tópicos de Eletromagnetismo via Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida para o Ensino Médio.** Hipermídias de Apoio ao Professor de Física. v. 27, 2013. Disponível em < http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/download_arquivo.php?area=hipermidias&id=29 >. Acesso em: 12 out. 2016.

PROJECT 2061. *In reviewing the literature some misconceptions related to waves are listed below*. **AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE**, [199-] Disponível em: < http://www.cosee-west.org/Dec0410/wave_misconceptions.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2016.

SANTOS, M. L. Tsunami: que onda é essa? **Física na Escola**, v. 6, n. 2, out. 2005.

SANTOS, A. G.; BARROS, F. S. Ondas de água: uma revisão ao nível médio. **Física na Escola**, v. 9, n. 2, out. 2008.

SILVEIRA, F. L.; VARRIALE, M. C. Propagação das ondas marítimas e dos tsunami. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 190-215, 2005.

SOUSA, C. M. S. G. de; LARA, A. E.; MOREIRA, M. A.. A resolução de problemas em conteúdos de ondas na perspectiva dos campos conceituais: uma tentativa de Inferir a construção de modelos mentais e identificar invariantes operatórios. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 1, p. 101-113, 2004.

WESTRA, M. T. Uma nova visão da luz: construa o seu próprio espectrômetro. ***Science in School***, n. 4, 2007. Disponivel em: < http://www.scienceinschool.org/pt/2007/issue4/spectrometer >. Acesso em: 12 out. 2016.

APÊNDICE A – Tarefas de Leitura (TL)

TEXTO PARA TAREFA 01

"NA ONDA DO SURFE"

As ondas comuns que chegam até as praias são produzidas por ventos em alto-mar. Quando o vento atinge a água, há transferência de energia – o vento transfere energia para a água. Uma onda transporta essa energia recebida do vento. O surfista usa a energia da onda e a do seu próprio corpo para se mover com sua prancha.

As ondas representadas na Figura 1 deslocam-se para a direita. Então, essas ondas, próximas da região de rebentação (surfe), têm uma velocidade de propagação para a direita (é a velocidade com que a onda se desloca, progride). Quanto maior a profundidade do mar no local, maior a velocidade de propagação das ondas[12]. Esta velocidade não depende de como a onda foi gerada, depende da profundidade do mar onde as ondas passam. Quando elas se aproximam da parte mais rasa, a parte que está mais baixa "bate" no fundo e o topo continua, o que faz a onda "quebrar".

Agora observe a forma das ondas na zona de surfe e antes da zona de arrebentação. Na região de surfe, a onda "quebra". É ali que o surfista é levado pela onda. Por enquanto, vamos analisar as ondas que estão antes da arrebentação.

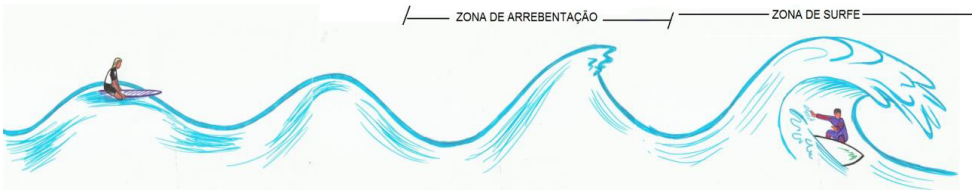


Figura 1. A velocidade com que a onda se propaga diminui quando ela passa por trechos mais rasos.

Imagine o mar calmo, praticamente sem ondas. Chamaremos esse nível da água de posição de equilíbrio, representada pela linha pontilhada na Figura 2. Quando uma onda chega, a posição mais alta que a água alcança é chamada de crista (por isso que se usa a expressão "na crista da onda"), e a posição mais baixa é o vale ou cavado.

[12] *Isto é válido para ondas normais em mar raso. No caso do alto mar, a velocidade de propagação dependerá somente do comprimento de onda. Mas isto não se aplica a tsunami, pois o comprimento de onda de um tsunami é muito maior do que a profundidade do mar, então sua velocidade dependerá da profundidade. Para maiores esclarecimentos sobre o tópico visite* https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Ondas_tsunami.pdf.

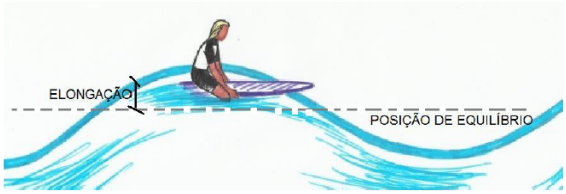


Figura 2. A posição de equilíbrio representa o nível do mar sem ondas.

A altura do nível da água em relação à posição de equilíbrio recebe o nome de elongação. A elongação máxima é chamada de amplitude. Assim, é na crista (ou no vale) que a elongação é máxima.

Observando a Figura 3, no ponto A, a linha da superfície da água cruza com a linha pontilhada. Vemos isso de novo no ponto B e depois de novo, no ponto C. Dizemos que esse movimento da água é uma oscilação completa (porque a água sai da posição de equilíbrio, vai para cima, depois para baixo e volta à posição de equilíbrio, oscilando enquanto a onda passa[1]).

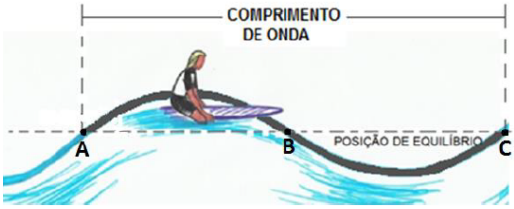


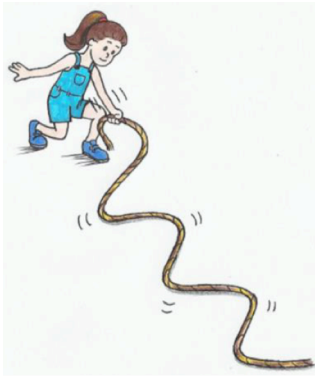
Figura 3. A distância que a onda percorre em um ciclo é chamada de comprimento de onda.

Olhe de novo para a Figura 3. Nela, o comprimento de onda é maior que a amplitude. A distância entre duas cristas consecutivas fornece a medida do comprimento de onda. Mas pode muito bem ser a distância entre dois vales consecutivos. Pode ser a distância entre quaisquer dois pontos da superfície da água, desde que, entre eles, a onda complete um ciclo. Os tsunami[2] podem ter mais de 150 km de comprimento de onda em águas profundas.

TEXTO PARA TAREFA 01

Podemos pensar o que é uma onda. É uma alteração, uma perturbação periódica em um meio. Essa perturbação avança através do meio. No caso da onda no mar, o meio é a água. A onda atravessa o meio. O surfista, antes da região de arrebentação, não vai para frente junto com a onda até chegar à areia. A onda passa por ele.

Figura 4. Toda onda atravessa um meio. Neste caso, o meio é a água.



No caso de ondas numa corda, a própria corda é o meio pela qual a onda passa. E passa com uma velocidade que depende somente do tipo de corda. Ainda que a corda seja agitada mais rapidamente, a onda não avançará com mais velocidade. Ondas em uma corda possuem características em comum com ondas na água. Quais semelhanças você acha que existem entre elas? Passe para a Tarefa de Leitura e pense um pouco!

Figura 5. Uma criança agita uma corda – isto é uma perturbação na corda. A perturbação progride, passando pela corda.

[1] A oscilação das partículas de água também ocorre para frente e para trás, mas isto não será discutido neste texto.

[2] Tsunami são ondas gigantes geradas comumente por terremotos no fundo do mar, devido ao atrito entre placas tectônicas.

TAREFA 01 – Tarefa de Leitura

Nome: _____ 2º ano _____

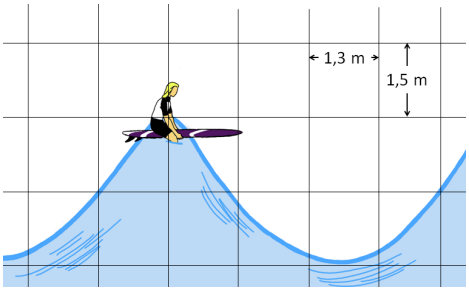
A tarefa deve ser entregue na segunda-feira (dia _____), ANTES da aula de Física.

Conceitos abordados nesta tarefa: comprimento de onda, velocidade de propagação, amplitude, crista, vale e elongação.

Antes, leia o texto de apoio anexo a esta tarefa.

Questão 1

Observe a figura e responda:



a) Quanto vale a amplitude da onda? _____

b) Quanto vale o comprimento de onda? _____

Questão 2

Joana agita uma corda produzindo uma onda periódica. Se ela aumentar a rapidez com que agita a extremidade da corda, a onda chegará mais rapidamente à outra extremidade, isto é, terá maior velocidade de propagação? Justifique.

_____

_____

_____

_____

Questão 3

Considere ondas se propagando em uma corda esticada. Numere a segunda coluna de acordo com a primeira. Um espaço entre parêntesis da segunda coluna ficará em branco, pois não tem correspondente na primeira coluna.

(1) Amplitude
(2) Crista
(3) Vale
(4) Comprimento de onda
(5) Velocidade de propagação
(6) Elongação

( ) Depende da rapidez com que a pessoa agita a corda.
( ) Ponto mais baixo atingido pela corda.
( ) Depende de características da corda.
( ) Ponto mais alto atingido pela corda.
( ) Maior distância vertical entre um ponto na corda e a posição de equilíbrio.
( ) Distância vertical entre um ponto na corda e a posição de equilíbrio.
( ) Distância percorrida durante uma oscilação.

SUA OPINIÃO

1. Você considerou algo do texto confuso ou difícil de entender?

( ) Sim ( ) Não

O quê?_____

_____

_____

_____

_____

2. Você gostaria que houvesse maior tempo em aula para explicação de algum assunto contido no texto ou nessa tarefa?

( ) Sim ( ) Não

Qual(is)?_____

_____

_____

_____

_____

TEXTO PARA TAREFA 02

Quanto tempo leva entre uma onda e outra no tsunami?

Os acontecimentos recentes de tsunami na Indonésia (2004) e no Japão (2011) foram assustadores. Esses eventos foram causados por terremotos. Nesses tsunami a crosta terrestre submersa é deformada e movimenta as águas de forma abrupta. A coluna de água no local do tremor é levantada e assim se inicia o tsunami. A maioria dos tsunami registrados foram gerados por terremotos. Mas também há os causados por erupções vulcânicas e quedas de meteorito no mar. O maior deles ocorreu no Alasca, em 1958, devido à queda de toneladas de gelo e rocha na baía Lituya. A onda chegou a 50m de altura. Em 1882, a erupção do vulcão Krakatoa gerou um tsunami na Indonésia, causando mais de 36 mil mortes. O filme *O impossível*, do diretor Juan Bayona, retrata o sofrimento de uma família que estava em férias na Tailândia e foi atingida pelo tsunami em 2004. As cenas mostram os efeitos devastadores da imensa quantidade de água adentrando uma região povoada e sem nenhum tipo de alerta para minimizar o número de vítimas. Compreender o comportamento das ondas é essencial para lidar com esse fenômeno.

Alguns vídeos com cenas de tsunami reais: Indonésia (2004) e Japão (2011)

https://www.youtube.com/watch?v=FZHF2OI669s

https://www.youtube.com/watch?v=K6cJo_gD8TU

O termo japonês *tsunami* é a junção das palavras “onda” (tsu) e “porto” (nami) e designa não só uma onda, mas uma série delas. Pode-se perceber as várias ondas em tsunami nos diversos vídeos disponíveis na internet, na página *YouTube*, feitos por pessoas atingidas por tsunami. O tempo que se passa entre a chegada de duas cristas consecutivas em ondas comuns no mar é de alguns segundos (você já deve ter percebido isso num passeio na praia). No caso dos *tsunami*, esse tempo é maior – minutos, até mesmo meia hora. Essa é uma das diferenças entre *tsunami* e ondas marítimas comuns.

Esse *tempo entre a passagem de duas cristas consecutivas* (isto é, um ciclo completo da onda) é chamado de **período**, não só para ondas no mar, mas também para qualquer tipo de onda. Como período é um intervalo de tempo, tem unidades de medida de tempo (segundo, minuto, hora...). Uma onda marítima comum pode ter um período de 14 segundos, por exemplo. Já um tsunami pode ter um período de 20 minutos. Isso quer dizer que, após uma crista chegar à praia, levará 20 minutos para outra crista chegar.

Um dos indícios de *tsunami* é um recuo abrupto das águas. Isto não acontece em todos os *tsunami*, mas, se a água do mar recuar muito em pouco tempo, corra para o local mais alto que conseguir, pois isto é um sinal de que um tsunami atingirá a costa em poucos minutos.

Quanto menor o período, mais ondas completas passam por um mesmo ponto em determinado intervalo de tempo. *A quantidade de ondas completas em uma unidade de tempo* é chamada de **frequência**. Por exemplo, se o período de uma onda é 15 segundos, a cada um minuto ocorrerão quatro ondas (4 ciclos completos). Assim, a frequência é 4 ciclos por minuto. Podemos usar qualquer unidade de tempo. Se a unidade de tempo escolhida for o segundo (que é a unidade padrão do SI), a frequência será medida em ciclos por segundo, unidade SI que leva o nome de hertz (Hz). Quanto menor o período, maior a frequência e vice-versa. Um é o inverso do outro.

Os *tsunami* também têm grandes velocidades de propagação em alto-mar, podem chegar a mais de 850 km/h (como um avião a jato). As ondas comuns não atingem velocidades tão altas (podem ter 80 km/h, por exemplo). Isso ocorre porque, apesar de ambas estarem em mar profundo, para o *tsunami* o mar não é fundo, quando comparado ao seu comprimento de onda. Um *tsunami* pode ter centenas de quilômetros de comprimento de onda, e as maiores profundidades no oceano não atingem mais do que 11 km.

Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894)

Primeiro a produzir ondas de rádio, as que permitem transmissões de rádio, TV, celular e telecomunicações em geral.

Fonte da imagem:
http://www.hertz.eng.br/site/?pg=quemsomos

Figura 1. Heinrich Hertz.
A unidade de medida de frequência no SI é o Hertz.

Já as ondas marítimas comuns, geradas por ventos, alguns metros de comprimento de onda.

Assim, um mesmo ambiente é diferente para dois tipos de ondas diferentes (assim como uma piscina de 1,4 m de profundidade é funda para uma criancinha e rasa para um adulto). Mas as velocidades de ambas diminuem quando se aproximam da costa.
Em geral, *o meio em que uma onda se propaga é o fator determinante da sua velocidade*. O meio de propagação é aquilo que a onda atravessa (água, corda, ar,...). Ondas na água são mais rápidas onde é mais fundo e mais lentas onde é mais raso. Ondas em cordas igualmente esticadas, isto é, com a mesma força tensora, são mais rápidas quanto mais fina a corda e mais lentas quanto mais grossa a corda.

As ondas só conseguem atravessar um meio se houver uma força restauradora, uma força que traga o meio de volta à sua condição original. No caso de ondas no mar, essa força é a gravitacional (por isso essas ondas são chamadas ondas de gravidade). No caso de ondas numa corda esticada, a corda é um meio elástico, uma força elástica restaura a forma esticada.

As ondas viajam pela água, mas não carregam uma parte da água junto com elas, não antes da região de arrebentação. Quando você imagina ondas, pode ser que imagine um surfista sendo levado numa onda, ou até mesmo onda de tsunami arrebentando na praia e arrastando tudo que estiver na

frente. E é assim mesmo que ocorre, a partir da arrebentação. Mas quando as ondas têm formato mais "bem comportado" (sem cristas agudas, semelhantes a uma ponta) e não quebram, isto é, completam o ciclo, elas não arrastam materiais*. Elas apenas transportam energia. Isso é uma característica de todas as ondas (não só das ondas na água). Achou estranho? Veja isso no vídeo disponível no *YouTube* no link https://www.youtube.com/watch?v=N90l_gtGIpM (ou encontre-o pelo título: *Best drone vídeos of surfing 2*) Repare que aos 1min38s, há três surfistas deitados nas pranchas. Eles não são levados pela onda, mas essa onda transporta energia.

Figura 2. Antes da região de arrebentação, o surfista não é levado pela onda.

** Um caso particular em que ondas marítimas transportam matéria é chamado de efeito Stokes. As cristas são mais agudas e as partículas de água não completam o ciclo. Mesmo neste caso a velocidade de deriva do meio é muito menor do que a velocidade de propagação da onda.*

Repassando...

A velocidade de propagação de uma onda é determinada somente pelas características do meio no qual ela se propaga. No caso de ondas marítimas em mar raso, se o meio não se altera, a velocidade é a mesma[13]. A frequência das ondas é determinada pela fonte que gerou essas ondas. No caso do tsunami, um terremoto. No caso de ondas comuns no mar, os ventos. No caso de ondas numa corda, a mão que agita a extremidade da corda. Nenhum outro fator que não a fonte, nem mesmo mudança de meio de propagação, pode modificar a frequência das ondas. Como **o período é o inverso da frequência**, ele também é determinado pela fonte que gera as ondas.

Relações matemáticas

Equação fundamental da ondulatória	Relação entre período e frequência
$v = \lambda f$	$f = \frac{1}{T}$
v: velocidade de propagação da onda	f: frequência da onda
λ: comprimento de onda	T: período da onda
f: frequência da onda	

Bibliografia

KNIGHT, D. RANDALL, Física: uma abordagem estratégica, vol. 2. Ed. 2. São Paulo: Bookman, 2009.

SILVEIRA, F. L.; VARRIALE, M. C. Propagação das ondas marítimas e dos tsunami. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 190-215, 2005.

SANTOS, M. L. Tsunami: que onda é essa? Física na Escola, v. 6, n. 2, out. 2005.

[13] Em mar profundo as ondas marítimas tem velocidade de propagação dependente da frequência, meios que tem essa características são chamados de não dispersivos. Questões de vestibular raramente se referem a essa situação. Em geral, nas questões de física do ensino médio, as ondas se propagam em meios dispersivos (neles, a velocidade de propagação não depende da frequência e do comprimento de onda).

TAREFA 02 – Tarefa de Leitura

Nome: _____ 2º ano _____

A tarefa deve ser entregue na segunda-feira (dia _____), ANTES da aula de Física.

Conceitos abordados nesta tarefa: período, frequência, transporte de energia, dependência entre meio e velocidade de propagação.

Antes, leia o texto de apoio anexo a esta tarefa.

Questão 1

Complete com números e unidades de medida. Você pode escolher a unidade que achar mais conveniente em cada caso.

a) O texto cita um exemplo de onda com período de 15s. Qual é a frequência dessa onda? _____

b) Seguindo o mesmo raciocínio desse exemplo, qual seria a frequência de uma onda de período 10s? _____

c) E qual seria a frequência de uma onda de período 20 min? _____

Questão 2

a) Em quais casos ondas no mar transportam matéria (água, objetos, etc.)?

_____

_____

_____

b) O quê uma onda sempre transporta?

_____

Questão 3

Um tsunami de comprimento de onda 200 km e amplitude 80 cm atravessa uma região onde a profundidade do mar é de 5 000 m. Algum tempo depois, um segundo tsunami de comprimento de onda 300 km e amplitude 1,2 m atravessa a mesma região. Assinale a alternativa correta.

a) O primeiro tsunami é mais rápido.
b) O segundo tsunami é mais rápido.
c) Eles devem ter mesma frequência.
d) Eles têm períodos diferentes.
e) Ambos arrastarão até a costa os barcos que encontrarem no caminho.

SUA OPINIÃO

1. Você considerou algo do texto confuso ou difícil de entender?

( ) Sim ( ) Não

O quê?_____

_____

_____

_____

2. Você gostaria que houvesse maior tempo em aula para explicação de algum assunto contido no texto ou nessa tarefa?

( ) Sim ( ) Não

Qual(is)?_____

_____

_____

_____

TEXTO PARA TAREFA 03

CLASSIFICANDO AS ONDAS

Relâmpago e trovão

Relâmpago é o clarão produzido pela descarga elétrica, o brilho que risca os céus numa tempestade. Trovão é o barulho produzido por um raio, que ouvimos depois de vermos o relâmpago. O primeiro é luz, o segundo é som. A observação de experimentos com luz e som levou à conclusão de que ambos são ondas, mas de tipos diferentes. O som é uma onda mecânica, a luz uma onda eletromagnética.

Figura 1. Por que vemos o brilho de um raio e só depois ouvimos o trovão?

Assista ao vídeo de um raio ocorrendo bem próximo às pessoas – o som chega depois do clarão:

https://www.youtube.com/watch?v=DiDLGTWR_VY

Ondas mecânicas são aquelas que se propagam em meios materiais – ou seja, o meio deve ser material, deve ser constituído de matéria[1], para propagar esse tipo de onda. As ondas mecânicas são as oscilações ("vai-e-vem") periódicas das partículas que constituem o meio. O som é onda mecânica porque as partículas de ar oscilam periodicamente transportando a onda. Ondas no mar e ondas em cordas também são exemplos de ondas mecânicas. Quando uma onda atravessa a água, pequenas porções do líquido fazem um movimento de vai-e-vem na horizontal e na vertical, se ele se repete, esse movimento é periódico (por exemplo, se repete a cada 15 segundos).

Se a oscilação das partículas (o "vai-e-vem") é na mesma "linha" da velocidade de propagação (ou seja, na mesma direção), a onda é **longitudinal**.

Se a oscilação é perpendicular à velocidade de propagação, a onda é **transversal**.

Ondas longitudinais: visualize na simulação em http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/diapasao.swf .

Ondas transversais e longitudinais em mola esticada: https://www.youtube.com/watch?v=y-m8iG5EX2Y

Para que um meio material possa propagar ondas mecânicas, ele deve ser elástico, ou deve haver alguma força que restaure as posições das partículas (permitindo que a oscilação, o vai-e-vem, passe através do meio). Uma corda esticada é um meio elástico. A película de um tambor também. A água é um meio elástico, mas as ondas no mar se propagam porque a força gravitacional é restauradora e a elasticidade da água neste caso é desprezível, se uma porção de água sobe, essa força faz com que ela retorne à posição em que estava.

Assim, no caso do som, deve existir meio material, porque uma onda sonora se propagando é a própria vibração da matéria se propagando. Por isso se diz que o som não se propaga no vácuo. E não se propaga mesmo. Se fôssemos astronautas flutuando no espaço, em vácuo perfeito, e

assistíssemos uma batalha entre naves espaciais, não ouviríamos nenhuma explosão[14], nenhum barulho de tiros ou raios das naves. Seria um completo silêncio. Isso porque não haveria partículas de matéria para vibrarem. Não ouviríamos nem mesmo um colega astronauta a 1m de nós – seria necessário um comunicador. Isso porque existe outro tipo de onda que não depende de meios materiais para se propagar.

Ondas eletromagnéticas são as que não dependem de meio material para se propagar. Elas podem se propagar pelo ar, pela água, pelo vidro, ou mesmo onde não tenha matéria alguma, ou seja, no vácuo. São muito mais rápidas que as ondas mecânicas. No vácuo, atingem sua velocidade máxima: 300.000 km/s. É com aproximadamente essa velocidade que a informação das emissoras de TV viaja até seu aparelho de TV, já que no ar, a velocidade de propagação dessas ondas é muito próxima da velocidade no vácuo. E que a luz emitida pelo Sol chega até a Terra. É a velocidade da luz, e de todas as ondas eletromagnéticas. Raios-x (usados, por exemplo, para examinar fraturas em ossos) e micro-ondas são outros dois exemplos de ondas eletromagnéticas.

A velocidade de uma onda eletromagnética também depende do meio de propagação. Na água, a luz tem velocidade um pouco menor do que no ar e no vácuo. Mas para qualquer onda eletromagnética, a velocidade máxima é 300.000 km/s (ou seja, no vácuo), que é a velocidade da luz no vácuo.

Por que a denominação "eletromagnética"? Porque essas ondas são variações de efeitos elétricos e magnéticos por onde as ondas passam. Efeitos magnéticos são gerados no espaço próximo a ímãs, por exemplo. Efeitos elétricos ocorrem próximos a objetos com excesso de carga elétrica – esfregando uma caneta no cabelo bem seco e atraindo pedacinhos de papel, por exemplo. Quando esses efeitos são produzidos juntos e de forma que variem periodicamente temos ondas eletromagnéticas.

Os efeitos elétrico e magnético são geralmente simbolizados por E e B, respectivamente. Seu aumento e diminuição são periódicos, o que é característico de uma onda. A Figura 2 mostra o modelo de uma onda eletromagnética.

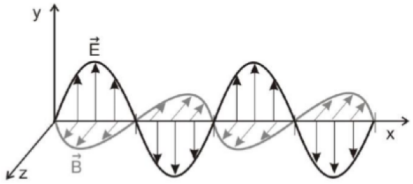


Figura 2. Modelo de onda eletromagnética.
Fonte: VESTIBULAR ACAFE 2013, prova medicina.

Não enxergamos essas setas no espaço, elas são construtos mentais para explicar efeitos que ocorrem na natureza. Como você pode ver representada na figura, a onda eletromagnética é transversal (os valores de E e B aumentam e diminuem perpendicularmente à direção x).

Veja aqui uma simulação de onda eletromagnética: https://www.youtube.com/watch?v=faqsUKd5X_M

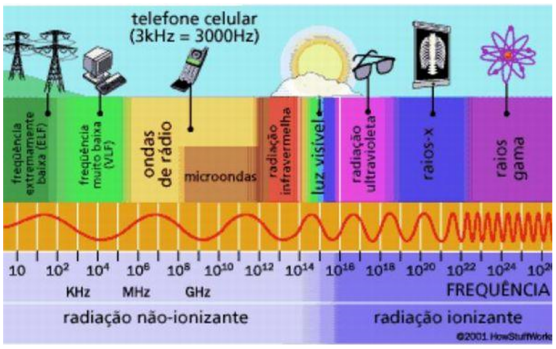


Figura 3. O espectro eletromagnético.

Disponível em: http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=28159

[14] O espaço sideral não é vácuo perfeito. Há uma baixa densidade de partículas que permite a propagação de ondas mecânicas longitudinais. Mas a frequência é baixa, elas são inaudíveis pelo ser humano. Assim, de acordo com a definição de som que adotamos, essas ondas mecânicas não são ondas sonoras. Para mais detalhes sobre o assunto, consulte a página 15 da dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (UFRJ), de Sergio Tobias da Silva, intitulada PROPAGAÇÃO DO SOM: CONCEITOS E EXPERIMENTOS, disponível em http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2011_Sergio_Tobias/dissertacao_Sergio_Tobias.pdf .

Espectro eletromagnético é o conjunto organizado das ondas eletromagnéticas. Na Figura 3 estão alguns tipos de ondas: ondas de rádio (antena de transmissão, celular, TV), micro-ondas (forno), infravermelho (controle de TV), luz (lâmpada e olho), ultravioleta (óculos de sol), raios-x (chapa de exame ósseo) e radiação gama (símbolo de radioatividade). Todas são transversais e se propagam com a velocidade da luz.

As ondas de rádio são as mais longas (comprimentos de onda típicos de 1m, 10m, 100m). *Logo, são as de menor frequência*. As ondas gama têm menor comprimento de onda (valores próximos a 0,000 1nm e menores) e são as de maior frequência – portanto, as mais energéticas do espectro. Por isso podem causar danos ao corpo humano e o símbolo de radioatividade é usado para alertar do perigo.

Os nossos olhos só detectam a luz na faixa do visível, uma pequena parte do espectro. Sentimos ondas infravermelhas quando uma lareira nos transmite calor. As outras passam imperceptíveis aos nossos sentidos.

Som

Chamamos de **som** todas as ondas mecânicas longitudinais com frequências entre 20Hz e 20.000 Hz. Essas são as ondas que o aparelho auditivo humano consegue detectar. Ondas semelhantes com frequências abaixo de 20 Hz são chamadas de infrassom e as com frequências acima de 20.000 Hz (ou 20 kHz) de ultrassom. Ondas nessa faixa de frequência não são audíveis pelo ser humano, mas alguns animais podem ouvi-las. Ondas de ultrassons são usadas no exame de ultrassonografia, que você provavelmente já deve ter ouvido falar. Elas atravessam os tecidos do corpo humano, mostrando o que há sob a pele e os músculos (esse exame não é feito somente para gravidez, pode-se fazer ultrassonografia de rins e bexiga, por exemplo). Esse tipo de onda também é usado por navios e submarinos (sonar) e para análise de composição do subsolo.

Infrassons são usados para analisar mudanças atmosféricas, atividade de vulcões e tornados, e para monitorar o uso de armas nucleares. O Tratado Completo de Proibição de Testes Nucleares foi assinado em 1996 e proíbe testes com explosões nucleares. Essas explosões liberam infrassons que podem ser detectados a grandes distâncias, o que auxilia o monitoramento do cumprimento desse tratado.

A velocidade do som (e do infrassom e do ultrassom) depende do meio de propagação, assim como ocorre para qualquer onda. No ar próximo à superfície da Terra, a 20ºC e no nível do mar, a velocidade do som é de 340 m/s (1224 km/h), aproximadamente. Na água, a velocidade das ondas sonoras fica em torno de 1500 m/s (5400 km/h).

Aviões supersônicos, *sonic boom* e ondas de choque

Assista ao vídeo "Quebrando a barreira do som", em

https://www.youtube.com/watch?v=U3aGfUF5bXk

Onda de choque em erupção vulcânica.

Assista ao vídeo, disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=HgHWbo8JIzc

Aviões que ultrapassam a velocidade de propagação do som no ar (mais de 1200 km/h) são chamados de supersônicos. Quando tal avião voa com velocidade superior a do som no ar, o ar é comprimido fortemente na sua frente e o rarefazendo na sua traseira, gerando uma onda mais rápida do que normalmente ocorre no ar (onda de choque). A compressão e descompressão do ar condensa a umidade, gerando um cone de nuvem (gotículas de água) atrás do avião. O físico Ernest Mach mediu a velocidade do som pela primeira vez. O *sonic boom* é o estrondo que uma pessoa escuta quando a onda de choque chega até ela.

TAREFA 03 – Tarefa de Leitura

Nome: _____ 2º ano _____

A tarefa deve ser entregue na segunda-feira (dia _____), ANTES da aula de Física.

Conceitos abordados nesta tarefa: ondas mecânicas e eletromagnéticas, transversais e longitudinais, ondas uni, bi e tridimensionais.

Antes, leia o texto de apoio anexo a esta tarefa.

Questão 1

Em situações de trabalho, por exemplo, de comunicação entre dois funcionários em uma fábrica com grandes galpões, é mais econômico que usem rádios comunicadores do que telefones celulares. São os chamados *"walkie talkies*". Considerando o texto que você leu, você acha que as ondas que levam a informação de um rádio comunicador para outro são mecânicas ou eletromagnéticas? Por quê?

_____

_____

_____

Questão 2

Marque V para verdadeiro e F para falso nas afirmações a seguir.

( ) Ondas mecânicas são sempre longitudinais.

( ) Ondas sonoras são sempre longitudinais.

( ) Ondas luminosas são transversais.

( ) No caso de ondas se propagando em um corda, cada pequena parte da corda se move para cima e para baixo, enquanto a onda se propaga na linha da corda. Por isso, essa onda é transversal.

( ) Tanto ondas mecânicas quanto ondas eletromagnéticas podem ser transversais ou longitudinais.

Questão 3

Assista novamente o vídeo "Erupção explosiva de vulcão e onda de choque" (em https://www.youtube.com/watch?v=HgHWbo8JIzc). A onda produzida na erupção é mecânica ou eletromagnética? O quê lhe ajudou a escolher sua resposta?

_____

_____

SUA OPINIÃO

1. Você considerou algo do texto confuso ou difícil de entender?

( ) Sim ( ) Não

O quê?_____

_____

_____

_____

2. Você gostaria que houvesse maior tempo em aula para explicação de algum assunto contido no texto ou nessa tarefa?

( ) Sim ( ) Não

Qual(is)?_____

_____

_____

_____

TEXTO PARA TAREFA 04

ONDAS LUMINOSAS

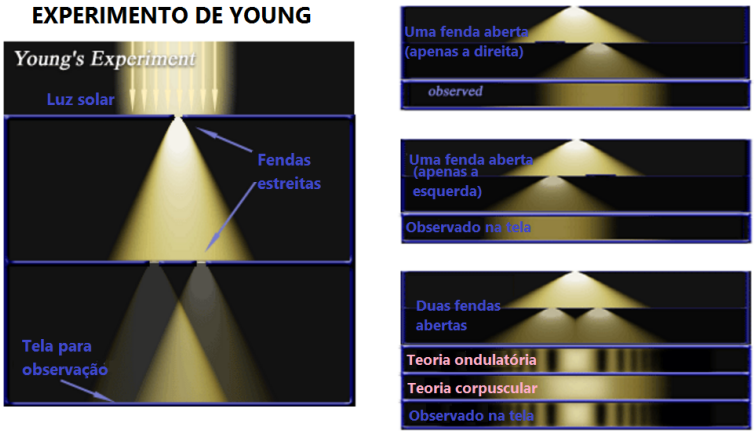
O que é a luz?

Figura 1 – Isaac Newton e a decomposição da luz

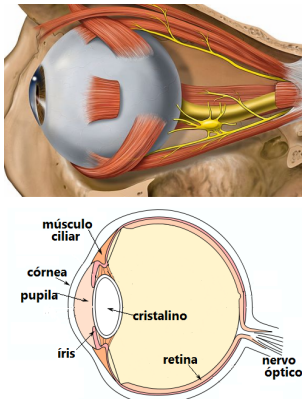
Uma das pessoas que se preocupou com essa questão foi Isaac Newton (1642 – 1727). Ele criou uma explicação na qual a luz era composta de partículas (um modelo *corpuscular*, palavra esta que vem de *corpúsculo*, ou seja, corpo muito pequeno). Christiaan Huygens (1629 – 1695) discordava da explicação de Newton. Para Huygens, a luz era um tipo de onda. Newton era muito conhecido e tinha autoridade no que se referia à Física, devido ao enorme êxito de seu trabalho na Mecânica. Assim, o modelo corpuscular da luz permaneceu como o melhor modelo por mais de um século. Mas Thomas Young (1773 – 1829) resolveu a questão fazendo um experimento que se tornou um dos mais importantes da Física: o experimento da fenda dupla. Ele fez um feixe de luz passar por duas fendas em uma placa, duas fendas muito estreitas e muito próximas uma da outra. Colocando um anteparo (uma tela branca, por exemplo) do outro lado das fendas ele viu a formação de várias linhas claras e escuras, e não só duas linhas claras provenientes das fendas.

Figura 2 – A experiência de Thomas Young: luz atravessando duas fendas.

Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Experi%C3%AAncia_da_dupla_fenda Acesso em: 05 jun. 2016.



Isso ocorre também com ondas na água que passam por uma barreira com duas fendas. Estava ali reconhecido os fenômenos da difração e da interferência, característico de ondas. Estava demonstrado, portanto que o melhor modelo para explicar a luz era o ondulatório, ou seja, que **a luz é onda**. Na Ciência, a autoridade de uma pessoa reconhecida não é suficiente para determinar a melhor teoria. A melhor teoria deve ser apoiada por resultados experimentais, os fatos – é a natureza quem deve dar a última palavra.



Mas que tipo de onda a luz é? Estudamos na semana anterior o espectro eletromagnético. **A luz é uma onda eletromagnética**. É a onda eletromagnética que células na nossa retina conseguem detectar e transformar em informação para o nosso cérebro. Interpretamos cada frequência como uma cor diferente. Células chamadas cones, localizadas na nossa retina (ver localização da retina na Figura 3), conseguem diferenciar algumas frequências. Ondas de diferentes frequências podem se sobrepor e gerar uma infinidade de tonalidades que enxergamos. A falta de luz é interpretada pelo nosso cérebro como cor preta – escuridão.

Figura 3 – O olho humano.

Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/Human_eye Acesso em: 05 jun. 2016.

TEXTO PARA TAREFA 04

Portanto, luz é a parte visível (para seres humanos) do espectro eletromagnético. É uma parte pequena em comparação com todo o espectro. Isso quer dizer que podemos detectar apenas poucos tipos de ondas das que estão viajando por aí. Somos cegos para o resto do espectro eletromagnético a olho nu (podemos sentir as ondas infravermelhas, por exemplo, quando nos sentimos aquecidos pelo Sol ou por uma fogueira próxima).

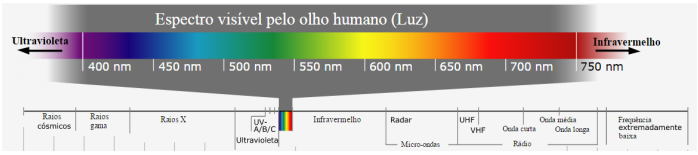


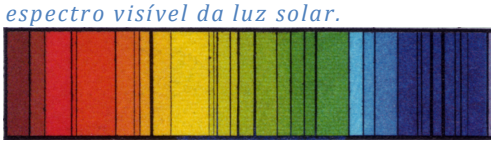
Figura 4 – O espectro visível e sua localização no espectro eletromagnético.

Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Espectro_eletromagnetico-pt.svg?uselang=pt Acesso em: 05 jun. 2016.

O espectro visível é o conjunto das ondas de luz acima, organizadas por frequência (ou comprimento de onda). Quanto maior a frequência (Hz), menor o comprimento de onda (m). A energia transportada pela onda é tanto maior quanto for sua frequência.

Vídeo: *El espectro electromagnético 05 Luz visible NASA (español)*, disponível em https://www.youtube.com/watch?v=YCWvxv__nmQ

Figura 5 – As linhas negras no espectro visível da luz solar.



O Sol é um emissor de ondas eletromagnéticas. Algumas pessoas perceberam que o espectro visível emitido por ele apresentava linhas escuras. A primeira pessoa que fez um estudo detalhado e categorizou essas linhas foi Joseph von Fraunhofer (1787 – 1826). Por isso, essas linhas são chamadas *linhas de Fraunhofer* (são as linhas escuras entre as cores na Figura 5).

Em 1860, aproximadamente, Kirchoff e Bunsen descobriram que cada elemento químico estava associado a um conjunto de linhas espectrais, e perceberam que as linhas negras no espectro do Sol correspondiam a elementos na superfície do Sol (compararam com linhas espectrais de luz atravessando gases desses elementos, na Terra). Foi o nascimento de um novo campo de estudo: a espectroscopia, que possibilitou um enorme avanço no conhecimento de estrelas, planetas e outros corpos no universo. Ao observar o espectro de uma estrela e suas linhas negras, é possível saber que elementos estão presentes nas camadas externas dessa estrela.

Quando Thomas Young fez o experimento da fenda dupla, sua motivação era entender o comportamento da luz, porque o objetivo de um cientista é ampliar o conhecimento que a humanidade tem da natureza. Muitas pessoas podem ter dito, como hoje dizem para outros experimentos: “mas para quê isso serve?”. Ampliar o conhecimento, por si só, já é motivo suficiente. Mas percebemos, com esse texto, que a busca de conhecimento pode trazer benefícios que nem poderíamos imaginar previamente. Será que Thomas Young imaginou que a teoria ondulatória da luz seria capaz de nos revelar do que são feitas as estrelas?

Para saber mais:

- *Artigo: Uma nova visão da luz: construa seu próprio espectrômetro. Publicado na revista Science in School, em 2007. Disponível em: http://www.scienceinschool.org/2007/issue4/spectrometer/portuguese.*
- *Página da internet: Astronomia e astrofísica. **O Sol – a nossa estrela**. UFRGS. Disponível em: http://astro.if.ufrgs.br/esol/esol.htm.*
- *Página da internet: **Experimento da Fenda dupla de Young**. Prof. Carlos Alberto dos Santos. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/historia/young.html.*

TAREFA 04 – Tarefa de Leitura

Nome: _____ 2º ano _____

A tarefa deve ser entregue na segunda-feira (dia _____), ANTES da aula de Física.

Conceitos abordados nesta tarefa: luz, espectro visível, espectro de emissão do Sol.

Antes, leia o texto de apoio anexo a esta tarefa.

SUA OPINIÃO

1. O quê você considerou confuso ou muito difícil de entender no texto?

_____
_____
_____
_____

2. Para quais assuntos (relacionados a esse texto) você gostaria que houvesse maior tempo em aula para explicação?

_____
_____
_____
_____

Questão 1

Por que o modelo ondulatório da luz foi considerado melhor que o corpuscular?

A. Porque Thomas Young tinha mais prestígio que Newton junto aos cientistas da época.

B. Porque o experimento da fenda dupla mostrou que a luz se comportava como onda.

C. Porque Young apresentou argumentos teóricos que mostraram que a teoria corpuscular não era a melhor teoria para a luz.

D. Porque Fraunhofer identificou linhas negras no espectro de emissão do Sol.

Questão 2

2.1. Procure na internet uma figura do espectro visível das ondas eletromagnéticas. Observe-a e identifique a cor correspondente a cada comprimento de onda indicado (a mais próxima que você conseguir identificar).

a) 450 nm → cor: _____
b) 700 nm → cor: _____
c) 580 nm → cor: _____
d) 520 nm → cor: _____

2.2. Qual dessas ondas tem maior frequência? Justifique.

_____
_____
_____

Questão 3

Podemos enxergar todas as ondas emitidas pelo Sol? Justifique.

_____
_____
_____

TEXTO PARA TAREFA 05

REFLEXÃO E REFRAÇÃO DE ONDAS

Reflexão e refração são dois fenômenos físicos que ocorrem com ondas. Vamos diferenciá-los.

Reflexão

Já estudamos que o fenômeno luz pode ser representado como uma onda eletromagnética. No cotidiano, é comum identificarmos situações onde a luz se reflete. Como descrever a reflexão pensando na luz como onda? Dizemos que ocorre reflexão quando uma onda se propaga em determinado meio, encontra uma superfície de separação de outro meio (uma interface entre dois meios) e **retorna para o meio onde se propagava**. Exemplo: quando você vê sua imagem (reflexo) na água, a luz que incide em você propaga-se no ar, encontra a interface ar/água e retorna para o ar (Figura 1a) chegando ao seu olho. Outro exemplo, usando o som, onda mecânica, que precisa de um meio para se propagar, é o eco: quando uma pessoa ouve um eco (Figura 1b), significa que o som emitido foi refletido em alguma superfície e retornou propagando-se pelo ar.

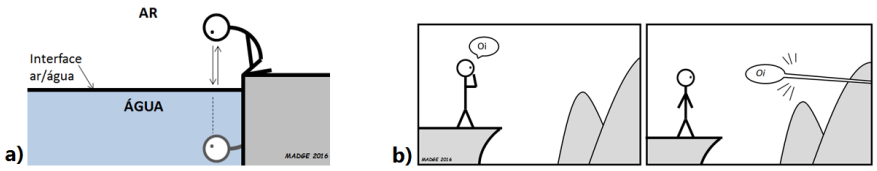


Figura 1 – a) Reflexão da luz na superfície da água, b) reflexão de ondas sonoras, produzindo eco.

Quando uma onda se propaga em uma corda ou em uma mola, é comum observarmos o comportamento da onda refletida de acordo com a extremidade onde a onda incide, seja ela fixa ou móvel. Veja a explicação no vídeo:

Título do vídeo no YouTube: "Ond: reflexão de pulsos unidimensionais.wmv"

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=nPAXs9cAvbA

No vídeo, é mostrada a produção de um pulso. Um pulso de onda também é uma perturbação que se propaga em um meio, mas não é periódica, ou seja, a perturbação ocorre uma vez e se propaga no meio. O pulso tem a metade do comprimento de onda de uma oscilação completa. Ondas na água também sofrem reflexão. **A reflexão é um fenômeno característico de todos os tipos de ondas.**

Refração

Figura 2 – refração da luz. Extraída de Vestibular UFSC 2009.

Na refração, uma onda se propaga em determinado meio, encontra uma superfície de separação de outro meio (interface) e atravessa essa superfície, **passando a se propagar no outro meio**. Ocorre então uma mudança de meio de propagação. Exemplo: quando vemos uma colher parcialmente mergulhada em água (Figura 2), ela parece estar quebrada, ou deformada. Isso ocorre devido ao desvio da direção de propagação da luz dentro da água.

Veja um vídeo mostrando essa situação:

Título do vídeo no YouTube: "Física Animada-Refração da Luz.Part.2"

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=qsMpgD2aZao

A refração também é um fenômeno que ocorre com todos os tipos de ondas.

Como há uma mudança de meio, há, necessariamente, uma mudança de velocidade de propagação das ondas. A direção de propagação não será alterada se ela for perpendicular (isto é, fizer um ângulo de 90º) com a superfície de separação (Figura 3).

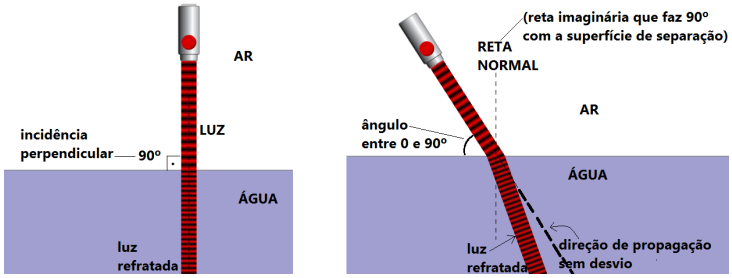


Figura 3 – Refração sem desvio (incidência perpendicular) e com desvio (incidência oblíqua).

Veja um vídeo com experiência do Manual do Mundo sobre refração:

Título do vídeo no YouTube: "Como entortar raios de luz com açúcar"

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=gqkSfAfyt30

No caso de ondas na água rasa, **a mudança de profundidade é uma mudança no meio de propagação embora a substância (água) permaneça a mesma**. Assim, quando uma onda se propaga de uma parte mais funda para outra mais rasa, há a refração – a onda muda de velocidade e pode se desviar da direção de propagação (é por isso que as ondas no mar sempre chegam com as frentes paralelas, ou quase paralelas, à faixa de areia).

A redução (ou aumento) da velocidade de propagação de uma onda, na refração, é indicada por uma grandeza chamada índice de refração (simbolizada pela letra n). O índice de refração entre dois meios quaisquer é a divisão da velocidade da onda em um meio pela velocidade da onda no outro meio. Isso é o índice de refração relativo (porque é relativo apenas a esses dois meios).

Quando tratamos da refração da luz, é comum utilizarmos o índice de refração absoluto (n) como a divisão entre a velocidade da luz no vácuo (ou no ar), c, pela velocidade da luz em outro meio, v. Esse valor de n é o índice de refração absoluto da luz para aquele meio.

$$n = \frac{velocidade\ da\ luz\ no\ vácuo\ (ou\ ar)}{velocidade\ de\ luz\ em\ determinado\ meio} \quad \rightarrow \quad n = \frac{c}{v}$$

Para o ar, o índice de refração da luz (e de qualquer onda eletromagnética) é 1, porque v é um valor muito próximo de c. Para qualquer outro meio material, v é menor que c, e n será sempre maior que 1. O índice de refração absoluto da água é, aproximadamente, 1,3. O índice de refração é uma grandeza adimensional, ou seja, sem unidade de medida. As velocidades c e v devem estar na mesma unidade de medida para efetuarmos a divisão.

Estudamos reflexão e refração de ondas separadamente, mas elas podem ocorrer juntas. Quando a luz incide do ar para a água, por exemplo, parte dela reflete e parte refrata. É importante ressaltar ainda que, na reflexão, velocidade, frequência e comprimento de onda não se alteram. **Na refração sempre ocorre mudança no valor da velocidade**.

Para saber mais:

- *Página da internet:* ***Reflexão de ondas em uma corda****. Brasil Escola. Disponível em:* http://brasilescola.uol.com.br/fisica/reflexao-onda-uma-corda.htm .
- *Página da internet:* ***Refração****. UFRGS. Disponível em:* http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20021/Roussel/refra_c_menu_1.html.

TAREFA 05 – Tarefa de Leitura

Nome: _____ 2º ano _____

A tarefa deve ser entregue na segunda-feira (dia _____), ANTES da aula de Física.

Conceitos abordados nesta tarefa: reflexão e refração de ondas.

Antes, leia o texto de apoio anexo a esta tarefa.

Questão 1

Sobre o índice de refração, é INCORRETO afirmar que:

A. Indica mudança de velocidade de propagação.

B. Indica mudança da frequência da onda em meios diferentes.

C. É uma grandeza adimensional.

D. É obtido pela divisão das velocidades das ondas nos dois meios (o de incidência e o de refração).

Questão 2

Na refração, ocorre mudança de velocidade de propagação das ondas. O que ocorre com a frequência e com o comprimento de onda de uma onda que sofreu refração (isto é, mudou de meio de propagação)? Eles sofrem alteração? Justifique.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

SUA OPINIÃO

1. O quê você considerou confuso ou muito difícil de entender no texto?

_____
_____
_____
_____
_____

2. Para quais assuntos (relacionados a esse texto) você gostaria que houvesse maior tempo em aula para explicação?

_____
_____
_____
_____
_____

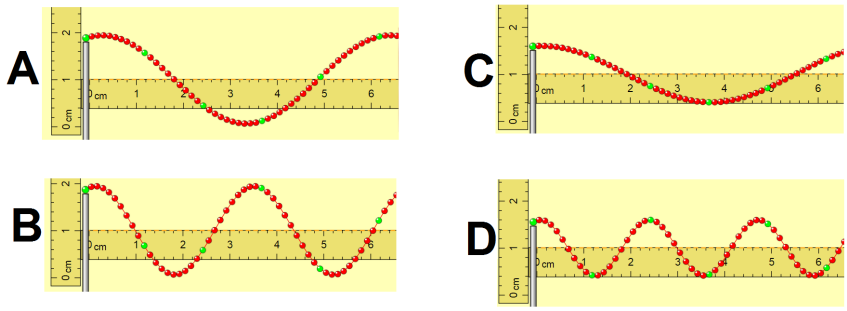
Questão 3

No vídeo “Ond: reflexão de pulsos unidimensionais.wmv”, observa-se a reflexão de pulsos de onda. Descreva o que ocorre com o pulso na situação em que uma extremidade da mola está presa (fixa) no pé de um banco e depois na situação em que o banco é retirado.

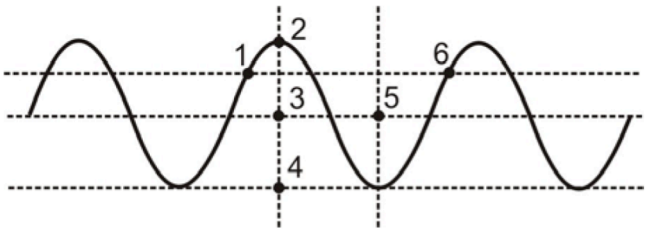
_____
_____
_____
_____

APÊNDICE B – Testes Conceituais (TC)

TC 1.1) As figuras a seguir representam quatro ondas se propagando em cordas idênticas. Em qual delas o comprimento de onda é maior?



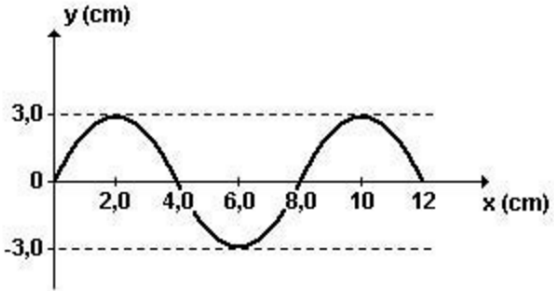
TC 1.2) (Adaptado de ACAFE 2012) A figura abaixo representa uma onda que se propaga em um meio com velocidade constante.



O comprimento de onda está contido entre os pontos

A) 1 e 6 B) 2 e 6 C) 2 e 4 D) 2 e 3

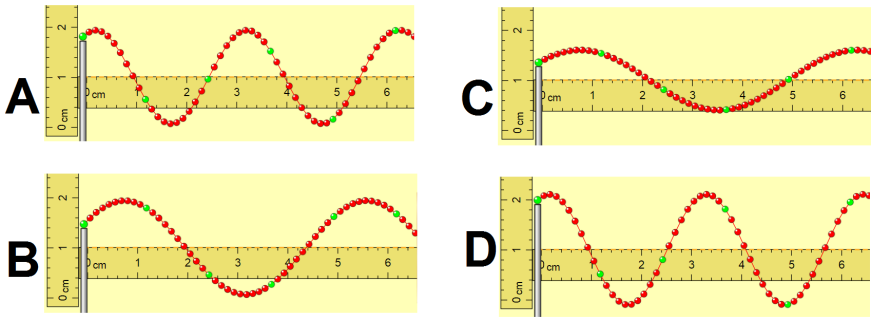
TC 1.3) (Adaptado de UEL-PR) Numa corda, uma fonte de ondas realiza um movimento vibratório. O diagrama mostra, num determinado instante, a forma da corda percorrida pela onda. O comprimento de onda vale:



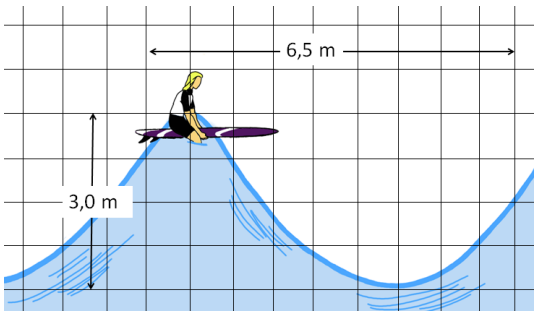
A) 12 cm B) 4 cm C) 3 cm D) 8 cm

TC 1.4) As figuras a seguir representam quatro ondas se propagando em cordas idênticas.

A amplitude é menor em:

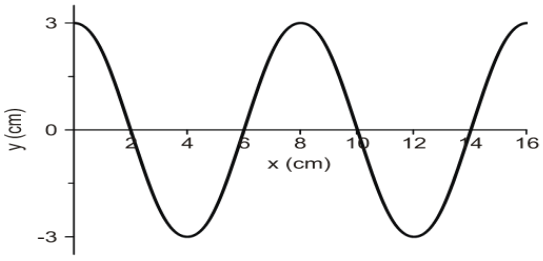


TC 1.5) A amplitude da onda na figura vale:



A) 1,5 m B) 3,0 m C) 6,5 m D) 75 cm

TC 1.6) (UFRGS 2013, pergunta modificada) Uma onda transversal propaga-se com velocidade constante numa corda tensionada.



A elongação de um ponto na corda NÃO pode assumir o valor:

A) 3,0 cm B) 4,0 cm C) 1,0 cm D) 2,5 cm

Sobre o conceito de onda, velocidade de propagação de uma onda, características do meio como fator determinante da velocidade de propagação e transporte de energia.

TC 2.1) Uma ola em estádio de futebol tem semelhanças com um movimento de onda. As pessoas constituem o meio pelo qual a *ola* (perturbação) se propaga.

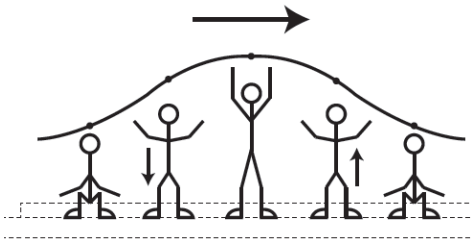


Figura extraída da prova Enem 2013

Qual alternativa indica uma **semelhança** entre *ola* e onda?

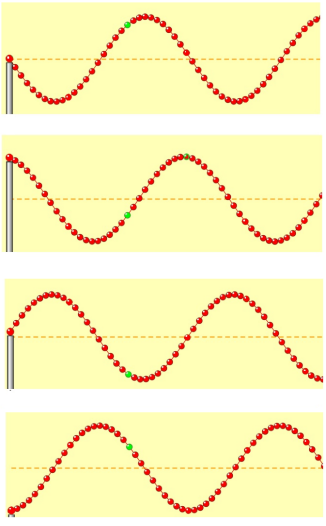
A) As partículas do meio são levadas pela *ola*.

B) As partículas podem não continuar a *ola*, não há algo físico que as obrigue a continuar o movimento.

C) O movimento de subida e descida das partículas do meio é o que passa através do meio.

D) A *ola* pode desaparecer repentinamente.

TC 2.2) As figuras a seguir estão em sequência no tempo. A bolinha verde é uma parte da corda, uma das partículas do meio (o meio é a corda). O movimento da bolinha verde na corda mostra que:



A) o movimento das bolinhas na corda é desorganizado.

B) a bolinha verde se desloca para a direita, levada pela onda.

C) a onda vai para frente, as partículas do meio não.

D) a corda se move para frente junto com a onda.

TC 2.3) (adaptado de UFMG) Enquanto brinca, Gabriela produz uma onda transversal em uma corda esticada. Em certo instante, parte dessa corda tem a forma mostrada na figura a seguir. A direção de propagação da onda na corda também está indicada na figura.

A onda passa pelo ponto P sobre a corda. No instante imediatamente posterior ao representado na figura, P estará:

A) mais acima

B) mais abaixo

C) mais à esquerda

D) mais à direita

TC 2.4) Uma onda qualquer no mar **necessariamente** transporta:

A) água do alto mar até a costa.

B) objetos que estejam no caminho da onda (ex. prancha de surf, pessoas), levando-os até a praia.

C) energia que causa o movimento das partículas de água por onde a onda passa.

D) Um surfista, desde a região antes da arrebentação até a costa.

TC 2.5) Considere uma piscina coberta, sobre a qual há uma goteira, em um dia de chuva. A profundidade da piscina não varia. Caem duas gotas a cada segundo. As gotas formam ondas circulares na superfície da água da piscina. Essas ondas propagam-se com velocidade de 50cm/s. A chuva fica menos intensa e passa a cair apenas uma gota por segundo. O que acontece com a velocidade das ondas na piscina?

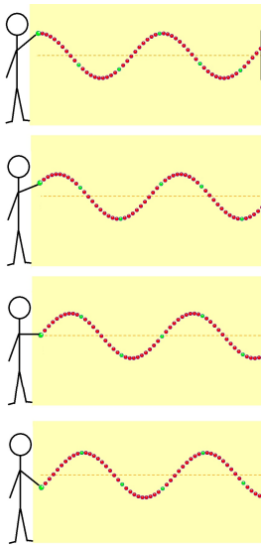
A) Permanece de 50cm/s.

B) Passa a ser maior que 50cm/s.

C) Passa a ser menor que 50cm/s.

D) Não há informação suficiente para responder.

TC 2.6) Uma pessoa agita a extremidade de uma corda tensionada (esticada), conforme a figura. Se a pessoa agitar a mão mais rapidamente, o que acontecerá?



A) A onda se propagará com maior velocidade.

B) A onda se propagará com a mesma velocidade.

C) As partículas da corda subirão e descerão com menor velocidade.

D) A onda se propagará com menor velocidade.

TC 2.7) Uma pessoa segura uma corda esticada (figura 1).

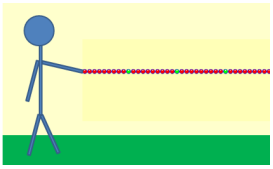


Figura 1

A pessoa agita a corda provocando ondas (figura 2). Depois, ela agita novamente a mesma corda, esticada do mesmo jeito, mas levantando e abaixando mais o braço, fazendo ondas mais “altas” (figura 3).

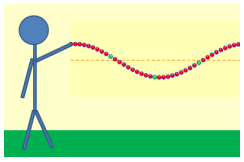


Figura 2

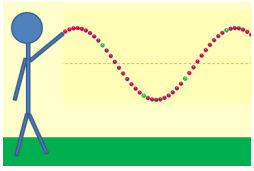


Figura 3

Comparando as velocidades de propagação dessas ondas:

A) As velocidades são iguais.

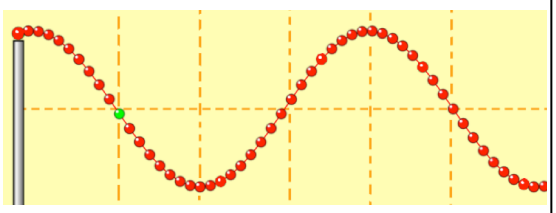
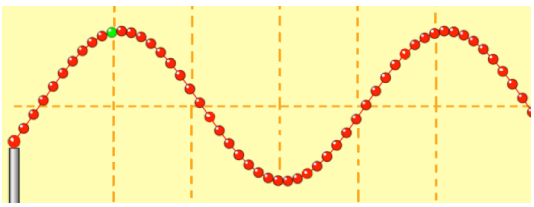
B) A velocidade da onda na fig. 3 é maior que na fig. 2.

C) A velocidade da onda na fig. 2 é maior que na fig. 3.

D) A velocidade da onda na fig. 3 será tanto maior quanto maior for a amplitude em relação à da fig. 2.

Sobre frequência e período

TC 4.1) Um oscilador agita a extremidade de uma corda esticada produzindo ondas. Uma parte da corda é pintada de verde.

Posição do ponto verde no instante 1s.	Posição do ponto verde no instante 2s.
	

Qual é o período das ondas?

A) 4 s B) 2 s C) 0,5 s D) 0,25 s

TC 4.2) Uma goteira está sobre uma piscina e produz ondas na superfície da água. Caem 2 gotas por segundo. Numa situação posterior, caem 5 gotas por segundo. As ondas produzidas nessa segunda situação terão:

A) maior período que na primeira situação.

B) menor período que na primeira situação.

C) o mesmo período que na primeira situação.

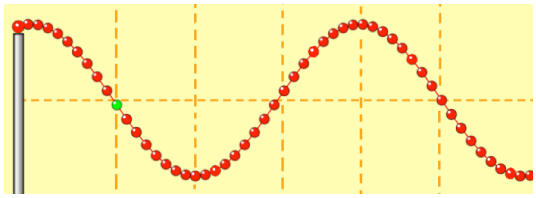
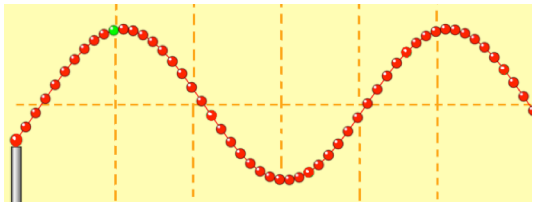
D) maior velocidade que na primeira situação.

TC 4.3) Um surfista, sentado em sua prancha, encontra-se fora da região de arrebentação das ondas. No instante representado na figura, a crista de uma onda passa por ele.

Se o período dessas ondas é de 12 segundos, qual o menor intervalo de tempo até o surfista estar no fundo da calha da onda?

A) 6 s B) 3 s C) 9 s D) 12 s

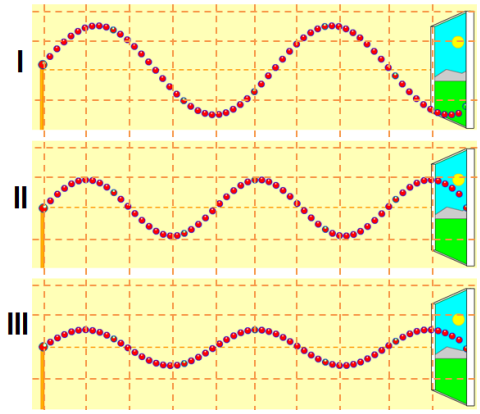
TC 4.4) Um oscilador agita a extremidade de uma corda esticada produzindo ondas. Uma parte da corda é pintada de verde.

Posição do ponto verde no instante 0 s.	Posição do ponto verde no instante 0,5 s.
	

Qual é a frequência das ondas?

A) 4 Hz B) 2 Hz C) 0,5 Hz D) 0,25 Hz

TC 4.5) A figura a seguir representa um instante em que ondas se propagam em três cordas idênticas. É correto afirmar que:



A) I possui maior frequência que II.

B) As frequências de I e III são iguais.

C) II tem menor frequência que III.

D) I tem menor frequência que III.

Sobre situações em que a frequência da onda é alterada, analisar o que ocorre com a velocidade de propagação da onda.

TC6.1) (PUC-MG 2015) Estações de rádio operam em frequências diferentes umas das outras. Considere duas estações que operam com frequências de 600 quilohertz e de 900 quilohertz. Assinale a afirmativa CORRETA.

A) Essas estações emitem ondas com o mesmo comprimento.

B) As ondas emitidas por elas propagam-se com a mesma velocidade no ar.

C) A estação que opera com menor frequência também emite ondas de menor comprimento.

D) A velocidade de propagação das ondas emitidas pela estação que opera com 900 quilohertz é 1,5 vezes maior que a velocidade das ondas emitida pela outra estação.

TC6.2) Uma onda sonora propaga-se no ar com velocidade de aproximadamente 340 m/s. Se aumentarmos a frequência desse som, a sua velocidade:

A) permanecerá a mesma, pois só depende das características do ar no qual ela se propaga

B) Aumentará, de acordo com a equação v =λf , quanto maior a frequência, maior a velocidade.

C) Diminuirá, de acordo com a equação v = λf , quanto menor a frequência, maior a velocidade.

D) Não é possível afirmar, pois não se sabe o que ocorre com o período.

TC6.3) Um instrumento musical emite uma onda sonora de frequência 500 Hz que propaga-se no ar. Ao aumentar a frequência para 600 Hz, a velocidade de propagação da onda:

A) Não se altera, já que continua se propagando no ar.

B) Aumenta, pois a equação v = λf informa que a velocidade aumenta se a frequência aumentar.

C) Diminui, pois a equação v = λf informa que a velocidade diminui se a frequência aumentar.

D) Não é possível determinar o que ocorre com a velocidade, pois não se sabe o que acontece com o comprimento de onda.

TC7.1) (Adaptado de UFSM 2006) Quando o badalo bate num sino e o faz vibrar comprimindo e rarefazendo o ar nas suas proximidades, produz-se uma onda sonora. As ondas sonoras no ar são _____. A velocidade das ondas sonoras em outro meio é _____.

Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

A) eletromagnéticas - igual

B) mecânicas- igual

C) mecânicas - diferente

D) eletromagnéticas - diferente

TC7.2) Ondas estão envolvidas de várias formas em processos de comunicação. Quando ouvimos uma estação de rádio em um aparelho celular, por exemplo, as chamadas ondas de rádio são ondas:

A) eletromagnéticas, que saem da antena transmissora e chegam ao receptor.

B) mecânicas, que são emitidas pelo aparelho e chegam aos nossos ouvidos – o som emitido pelo rádio.

C) eletromagnéticas, que são emitidas pelo aparelho e chegam aos nossos ouvidos – o som emitido pelo rádio.

D) mecânicas, que saem da antena transmissora e chegam ao receptor e, posteriormente, são emitidas pelo aparelho e chegam aos nossos ouvidos – o som emitido pelo rádio.

TC7.3) (Adaptado de UFPel) Recentemente o físico Marcos Pontes se tornou o primeiro astronauta brasileiro a ultrapassar a atmosfera terrestre.

Diariamente existiam contatos entre Marcos e a base, e alguns deles eram transmitidos através dos meios de comunicação.

Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar que conseguíamos "ouvir" e "falar" com Marcos porque, para essa conversa, estavam envolvidas

A) apenas ondas mecânicas, já que estas se propagam, tanto no vácuo como no ar.
B) apenas ondas eletromagnéticas, já que estas se propagam, tanto no vácuo como no ar.
C) ondas eletromagnéticas, que apresentam as mesmas frequências, velocidade e comprimento de onda, ao passar de um meio para outro.
D) tanto ondas eletromagnéticas, que se propagam no vácuo, como ondas mecânicas, que necessitam de um meio material para a sua propagação.

TC7.4) (Adaptado de UFSM 2012) A presença e a abrangência dos meios de comunicação na sociedade contemporânea vêm introduzindo elementos novos na relação entre as pessoas e entre elas e o seu contexto. Rádio, televisão e telefone celular são meios de comunicação que utilizam ondas eletromagnéticas. Assinale a alternativa INCORRETA sobre as propriedades das ondas eletromagnéticas.

A) só podem se propagar no vácuo.

B) propagam-se em meios materiais.

C) transportam energia e não matéria.

D) todas propagam-se com a velocidade da luz no vácuo.

TC7.5) Sobre as ondas sonoras, assinale a alternativa CORRETA:

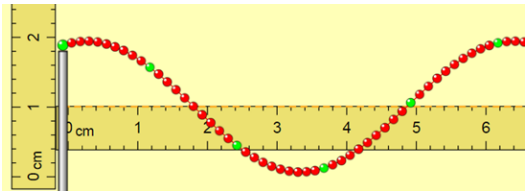
A) transportam matéria e energia

B) propagam-se em meios materiais e também no vácuo

C) são tão rápidas quanto a luz

D) propagam-se na água

TC7.6) A figura a seguir representa ondas se propagando, para a direita, em uma corda



Essas ondas são transversais porque:

A) Cada bolinha verde, por exemplo, se move para cima e para baixo e não para frente.

B) Cada bolinha verde, por exemplo, se move para cima e para baixo e também para frente e para trás.

C) A direção do movimento de cada bolinha é igual à direção do movimento de propagação da onda.

D) é uma onda mecânica, e toda onda mecânica é transversal.

TC7.7) (Adaptado de UFSM 2006) Quando o badalo bate num sino e o faz vibrar comprimindo e rarefazendo o ar nas suas proximidades, produz-se uma onda sonora. Esse movimento de compressão e rarefação da onda na direção de propagação caracteriza uma onda _____.

Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

A) transversal

B) mecânica

C) longitudinal

D) eletromagnética

TC7.8) (Adaptado de UDESC 2014) Assinale a alternativa INCORRETA a respeito dos fenômenos ondulatórios.

A) O som é uma onda mecânica longitudinal.

B) Se uma das extremidades de uma corda tensionada, esticada na direção horizontal, passar a vibrar verticalmente, produzirá ondas transversais.

C) Uma onda ultrassônica é transversal.

D) Em uma mola maluca, uma onda propaga-se na direção do comprimento da mola, com os anéis se comprimindo e se afastando para propagar a onda. Essa onda é longitudinal.

Sobre características de ondas sonoras.

TC9.1) Dois sons são emitidos, um de frequência 300 Hz e outro de frequência 500 Hz. Considerado apenas estas informações, é correto afirmar que:

A) Eles foram produzidos por instrumentos diferentes.

B) Eles se propagam com velocidades diferentes.

C) O de 500 Hz é mais intenso.

D) O de 500 Hz é mais agudo.

TC9.2) O ar tem diversos componentes (oxigênio, nitrogênio, gás carbônico, vapor d'água, entre outros). Uma onda sonora se propaga através do ar em determinada região. Considere uma partícula nessa região. Qual alternativa descreve melhor o movimento de uma partícula do meio por onde passa?

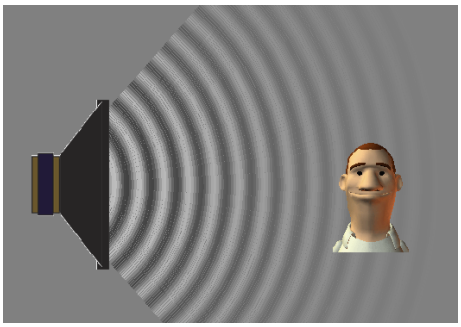
A) A partícula segue a mesma direção de movimento da onda sonora, sendo levada pela onda.

B) A partícula faz um movimento de vai e vem na direção de propagação da onda quando a onda passa por ela.

C) A partícula faz um movimento de vai e vem perpendicular à direção de propagação da onda quando a onda passa por ela.

D) A partícula faz um movimento de vai e vem na direção de propagação da onda enquanto é levada pela onda.

TC9.3) Lineu está próximo a um alto-falante que emite ondas sonoras de frequência 500 Hz, conforme representado na figura.



Lineu pode ouvir o som emitido pelo alto-falante porque:

A) O alto-falante produz zonas de pressão no ar e estas se propagam até ouvido de Lineu.

B) O ar próximo ao alto-falante se desloca do aparelho até o ouvido de Lineu.

C) O ar próximo ao alto-falante movimenta-se para cima e para baixo enquanto segue até o ouvido de Lineu.

D) O alto-falante produz zonas de pressão que fazem o ar próximo a ele chegar ao ouvido de Lineu.

TC9.4) (UFPel-RS, modificada) A tabela abaixo apresenta as frequências, em hertz, dos sons fundamentais de notas musicais produzidas por diapasões que vibram no ar em um mesmo ambiente.

Nota	dó	dó#	ré	ré#	mi	fá	fá#	sol	sol#	lá	lá#	si
F(Hz)	261,7	277,2	293,7	311,2	329,7	349,2	370,0	392,0	415,3	440,0	466,2	493,9

A partir das informações fornecidas, podemos afirmar que:

A) O som lá se propaga com maior velocidade que o som ré.

B) O som si é mais grave do que o som mi.

C) O som fá se propaga com menor velocidade que o som ré.

D) O som sol é mais alto do que o som dó.

TC9.5) (FEI-SP, modificada) Considerando as faixas audíveis para os animais mencionados a seguir, podemos afirmar que:

gato – 30 Hz até 45 kHz	A)	O gato escuta infrassons e ultrassons.
cão – 20 Hz até 30 kHz	B)	O cão não escuta ultrassons.
homem – 20 Hz até 20 kHz	C)	O homem escuta sons mais agudos que a baleia.
baleia – 40 Hz até 80 kHz	D)	A baleia escuta ultrassons mais agudos que o gato.

TC9.6) Sons, ultrassons e infrassons têm diversas aplicações. Dois exemplos estão na tabela a seguir.

Aplicação	**Finalidade**	**Frequências das ondas emitidas**
SONAR (*sound navigation and ranging)*	Medir profundidades oceânicas e identificar obstáculos	10 kHz e 40 kHz
Exame de ultrassonografia	Gerar imagens de partes internas do corpo humano	1 MHz a 5 MHz

Considerando estas informações, marque a alternativa correta:

A) O ser humano pode ouvir ondas emitidas pelo SONAR.

B) O SONAR emite sons, infrassons e ultrassons.

C) O SONAR e o aparelho de ultrassonografia emitem apenas ultrassons.

D) O ser humano não pode ouvir ondas emitidas nem pelo SONAR nem pelo aparelho de ultrassonografia.

TC9.7) Assinale a alternativa correta:

A) Ultrassons podem ser usados para obter informações de objetos fora do planeta Terra (por exemplo, asteroides).

B) Ultrassons propagam-se com a velocidade da luz.

C) Infrassons têm maiores comprimentos de onda que ultrassons.

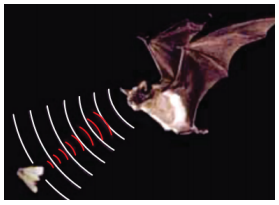
D) Quando um infrassom passa do ar para a água, sua velocidade não se altera.

TC9.8) A onda 1 é infrassom, a onda 2 é ultrassom, ambas propagam-se no ar. Marque a alternativa correta:

A) A onda 2 tem maior comprimento de onda que a 1.
B) A onda 1 tem maior comprimento de onda que a onda 2.
C) Se 1 e 2 tiverem mesmas frequências terão também mesmos comprimentos de onda.
D) Não se conhecendo os valores das suas frequências, não se pode comparar seus comprimentos de onda.

Sobre reflexão e refração

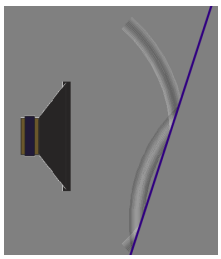
TC13.1) (UNESP 2015, modificada) Em ambientes com pouca iluminação, morcegos usam ecolocalização para caçar ou desviar de obstáculos. Eles emitem ondas de ultrassom que, ao refletirem em um objeto, são refletidas de volta e permitem estimar as dimensões desse objeto.



No caso citado, se o obstáculo for uma pedra, o ultrassom refletido:

A) Tem frequência diferente do ultrassom emitido.
B) Tem velocidade menor que o ultrassom emitido.
C) Tem velocidade maior que o ultrassom emitido.
D) Tem mesma frequência que o ultrassom emitido.

TC13.2) A imagem a seguir representa um pulso sonoro sendo refletido em uma parede. Sobre o pulso refletido, pode-se afirmar:



A) Tem o valor da velocidade alterada em relação ao pulso emitido.
B) Tem a fase alterada em relação ao pulso emitido.
C) Nenhuma das características é alterada na reflexão.
D) O comprimento de onda é alterado em relação ao pulso emitido.

TC13.3) Sobre o fenômeno da reflexão, marque a alternativa correta:

A) Quando a luz é refletida numa mesa, não há mudança de fase.
B) Raios-x, raios gama e micro-ondas podem ser refletidos.
C) Ultrassom pode ser refletido, infrassom não.
D) A reflexão acontece apenas com ondas mecânicas.

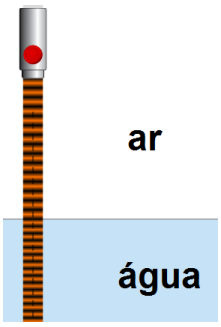
TC13.4) Qual dos fenômenos a seguir evidencia a reflexão de ondas?

A) O fato de vermos as outras pessoas.
B) O som passar do ar para a água.
C) Ondas ultrassônicas poderem atravessar alguns tecidos do corpo humano.
D) O fato de um cão ouvir sons que não podemos ouvir.

TC13.5) Assinale a alternativa correta:

A) A refração é caracterizada pela mudança de direção de propagação da onda ao mudar de meio. (UFSC 2010)
B) A velocidade de uma onda em determinado meio é 120 m/s para uma frequência de 60 Hz. Dobrando a frequência, a velocidade da onda também dobra. (UFSC 2010)
C) Quando a luz se propaga através do ar e atravessa o vidro de uma janela, sua velocidade é diferente dentro do vidro em relação ao ar.
D) Quando uma onda muda de meio de propagação, sua frequência, sua velocidade e seu comprimento de onda se alteram.

TC13.6) A figura a seguir representa uma onda luminosa se propagando do ar para a água. Cada traço em preto dentro da parte vermelha representa uma crista.



Qual a alternativa correta?

A) Ocorre refração, pois a frequência da luz é alterada quando passa para a água.
B) Não ocorre refração, pois não há desvio da direção de propagação da luz.
C) Ocorre refração, pois a velocidade da luz se altera, e o comprimento de onda também.
D) Não ocorre refração, já que a luz é uma onda transversal.

TC13.7) Os tsunami são gerados em alto-mar, ao se aproximarem da costa, propagam-se numa região com profundidade significativamente menor. É correto afirmar que:

A) Ocorre refração dessas ondas, com alteração na velocidade de propagação e no comprimento de onda.
B) Não ocorre refração, ao se aproximar da costa, velocidade e comprimento de onda não se alteram.
C) Ocorre refração, com alteração na velocidade de propagação, mas frequência e comprimento de onda não se alteram.
D) Não ocorre refração, a amplitude aumenta quando a onda se aproxima da costa, mas as outras características permanecem inalteradas.

TC13.8) Marque a alternativa correta:

A) A refração ocorre apenas com ondas mecânicas.
B) Raios ultravioleta podem ser refratados.
C) A refração ocorre apenas com ondas eletromagnéticas, como a luz.
D) Ondas longitudinais não podem ser refratadas.

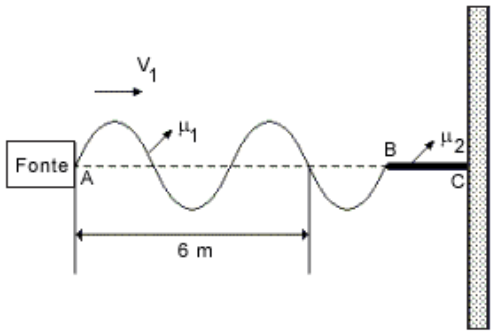
Sobre reflexão e refração

TC15.1) Na imagem, a menina, dentro da casa, observa a paisagem pela janela. Pode-se afirmar que a luz, que permite que a menina veja os objetos fora da casa, sofre:

Fonte: http://www.escritoradeartes.com/2012/06/menina-na-janela.html

A) Apenas refração.
B) Apenas reflexão.
C) Nem refração nem reflexão, apenas propaga-se pelo ar.
D) Reflexão e refração.

TC15.2) (Mackenzie-SP, pergunta modificada) A figura mostra uma onda transversal periódica, que se propaga com velocidade $v_1 = 8$ m/s em uma corda AB, cuja densidade linear é μ_1. Esta corda está ligada a uma outra corda BC, cuja densidade é μ_2, sendo que a velocidade de propagação da onda nesta segunda corda é $v_2 = 10$ m/s.



Escolha a alternativa correta sobre o que ocorre quando a onda atinge a emenda.

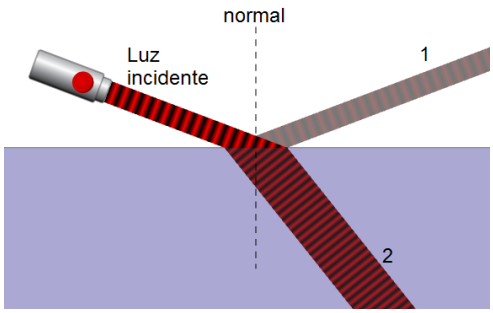
A) A frequência da onda refratada diminui.

B) As amplitudes das ondas refratada e refletida são menores que da onda incidente.

C) A velocidade da onda refratada é maior do que a velocidade da onda refletida.

D) Como a onda passa da corda fina para a corda grossa, haverá apenas refração (não ocorrerá reflexão).

TC15.3) A figura a seguir representa um feixe de luz se propagando pelo ar e incidindo na água. As linhas dentro dos feixes são as cristas das ondas. Qual a alternativa correta?



A) O feixe 1 é o refratado, com menor frequência que o feixe incidente.

B) O feixe 2 é o refratado, com menor comprimento de onda que o feixe incidente.

C) O feixe 1 é o refletido, com mesma intensidade que o feixe incidente.

D) O feixe 2 é o refletido, com mesma velocidade de propagação que o feixe incidente.

TC15.4) “Ultrassonografia é uma técnica de geração de imagens que usa ondas sonoras de alta frequência e seus ecos. Na ultrassonografia, ocorrem os seguintes eventos:

- a máquina de ultrassom transmite pulsos sonoros de alta frequência (1 a 5 megahertz) para o interior de seu corpo usando uma sonda;

- as ondas sonoras se deslocam por seu corpo e atingem um limite entre tecidos, por exemplo, entre um fluido e um tecido macio, entre um tecido macio e um osso;

- parte das ondas sonoras é refletida de volta para a sonda, ao passo que outra parte continua se deslocando até atingir outro limite e ser refletida;

- as ondas refletidas são captadas pela sonda e retransmitidas para a máquina;

- a máquina calcula a distância entre a sonda e o tecido ou órgão (os limites) usando a velocidade do som no tecido (1540 m/s) e o tempo de retorno de cada eco, geralmente da ordem de milionésimos de segundo;

- a máquina exibe as distâncias e as intensidades dos ecos na tela, formando uma imagem bidimensional como a mostrada abaixo.”

Fonte: Como tudo funciona, disponível em http://saude.hsw.uol.com.br/ultra-som1.htm.

Qual a alternativa correta sobre as ondas ultrassônicas citadas no texto?

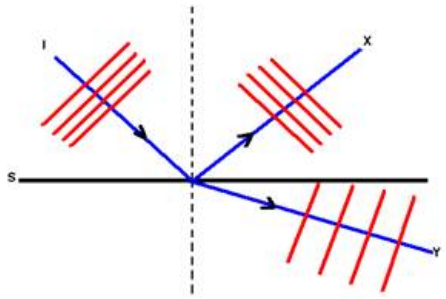
A) Sofrem reflexão e refração.

B) Sofrem apenas reflexão.

C) Sofrem apenas refração.

D) Ondas ultrassônicas não podem ser refratadas.

TC15.5) (UNESP-SP) A figura representa uma onda periódica I que atinge a superfície de separação S entre dois meios. Representa também outros dois trens de ondas, X e Y, a serem identificados, e a linha pontilhada representa a normal à superfície de separação S.



Os dois trens de ondas X e Y correspondem, respectivamente, a ondas:

A) refletida e refratada

B) refletida e difratada

C) refratada e refletida

D) difratada e refratada

APÊNDICE C – Problemas Quantitativos (P)

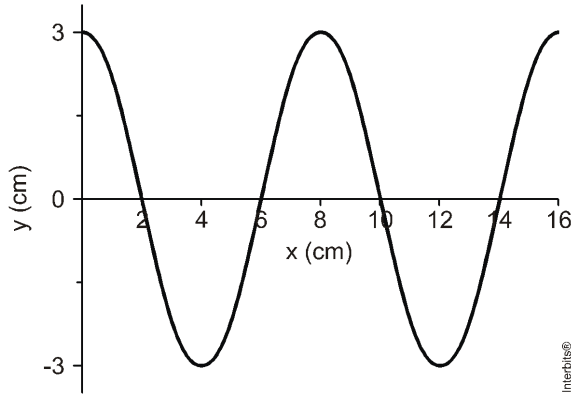
LISTA 1 (P5.1 a P5.8), da Aula 5.

Envolve velocidade de propagação, frequência e período; reconhecimento de proporções diretas e inversas entre as grandezas ondulatórias.

P5.1) (Adaptado e corrigido de ENEM 2012) Em um dia de chuva muito forte, constatou-se uma goteira sobre o centro de uma piscina coberta, formando um padrão de ondas circulares. Nessa situação, observou-se que caíam duas gotas a cada segundo. A distância entre duas cristas consecutivas era de 25 cm e cada uma delas se aproximava da borda da piscina com velocidade de 1,0 m/s. Após algum tempo a chuva diminuiu e a goteira passou a cair uma vez por segundo. Com a diminuição da chuva, a distância entre as cristas e a velocidade de propagação da onda se tornaram, respectivamente,

A) maior que 25 cm e maior que 1,0 m/s.
B) maior que 25 cm e igual a 1,0 m/s.
C) menor que 25 cm e menor que 1,0 m/s.
D) menor que 25 cm e igual a 1,0 m/s.
E) igual a 25 cm e igual a 1,0 m/s.

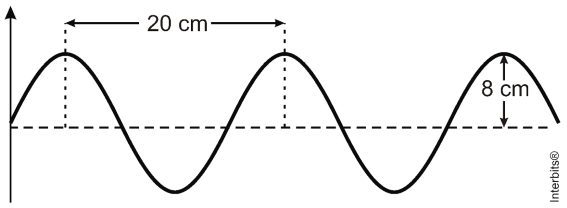
P 5.2) (UFRGS 2013) Uma onda transversal propaga-se com velocidade de 12 m/s numa corda tensionada. O gráfico abaixo representa a configuração desta onda na corda, num dado instante de tempo.



(UFRGS 2013) A frequência da onda, em Hz, é igual a

A) 2/3. B) 3/2. C) 200/3. D) 96. E) 150.

P 5.3) (G1 - IFPE 2012) A figura a seguir representa um trecho de uma onda que se propaga com uma velocidade de 320 m/s. A amplitude e a frequência dessa onda são, respectivamente:



A) 20 cm e 8,0 kHz
B) 20 cm e 1,6 kHz
C) 8 cm e 4,0 kHz
D) 8 cm e 1,6 kHz
E) 4 cm e 4,0 kHz

P5.4) (UFRGS 2012) Circuitos elétricos especiais provocam oscilações de elétrons em antenas emissoras de estações de rádio. Esses elétrons acelerados emitem ondas de rádio que, através de modulação controlada da amplitude ou da frequência, transportam informações.

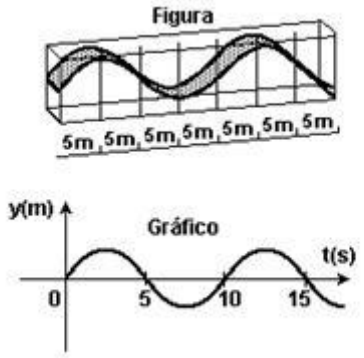
Qual é, aproximadamente, no ar o comprimento de onda das ondas emitidas pela estação de rádio da UFRGS, que opera na frequência de 1080 kHz?

(A) $3,6 \times 10^{-6}$ m.
(B) $3,6 \times 10^{-3}$ m.
(C) $2,8 \times 10^{2}$ m.
(D) $2,8 \times 10^{5}$ m.
(E) $2,8 \times 10^{8}$ m.

P5.5) (Fuvest-SP) Um rádio receptor opera em duas modalidades: uma, AM, cobre o intervalo de 550 a 1 550 kHz, e outra, FM, de 88 a 108 MHz. A velocidade das ondas eletromagnéticas vale 3×10^{8} m/s. Quais, aproximadamente, o menor e o maior comprimentos de onda que podem ser captados por esse rádio?

A) 0,0018 m e 0,36 m
B) 0,55 m e 108 m
C) 2,8 m e 545 m
D) 550×10^{3} m e 108×10^{6} m
E) $1,6 \times 10^{14}$ m e $3,2 \times 10^{16}$ m

P5.6) (FUVEST-SP) Um grande aquário, com paredes laterais de vidro, permite visualizar, na superfície da água, uma onda que se propaga. A figura representa o perfil de tal onda no instante T_0. Durante sua passagem, uma boia, em dada posição, oscila para cima e para baixo e seu deslocamento vertical (y), em função do tempo, está representado no gráfico



Com essas informações, é possível concluir que a onda se propaga com uma velocidade, aproximadamente, de

A) 2,0 m/s
B) 2,5 m/s
C) 5,0 m/s
D) 10 m/s
E) 20 m/s

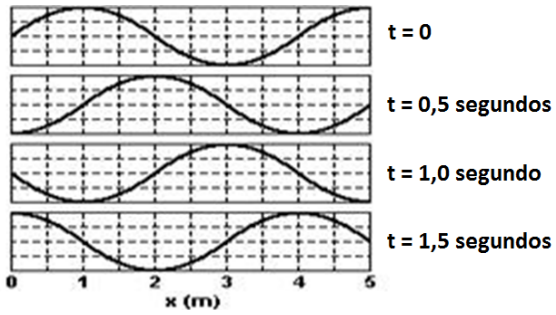
P5.7) (PUC-SP) Em dezembro de 2004 um terremoto no fundo do oceano, próximo à costa oeste da ilha de Sumatra, foi a perturbação necessária para a geração de uma onda gigante, uma "*tsunami*". A onda arrasou várias ilhas e localidades costeiras na Índia, no Sri Lanka, na Indonésia, na Malásia, na Tailândia, dentre outras.

Uma "*tsunami*" de comprimento de onda 150 quilômetros pode se deslocar com velocidade de 750 km/h. Quando a profundidade das águas é grande, a amplitude da onda não atinge mais do que 1 metro, de maneira que um barco nessa região praticamente não percebe a passagem da onda.

Quanto tempo demora para um comprimento de onda dessa "*tsunami*" passar pelo barco?

A) 0,5 min B) 2 min C) 12 min D) 30 min E) 60 min

P5.8) (UNESP-SP) A propagação de uma onda no mar da esquerda para a direita é registrada em intervalos de 0,5 s e apresentada através da sequência dos gráficos da figura, tomados dentro de um mesmo ciclo



Analisando os gráficos, podemos afirmar que a velocidade da onda, em m/s, é de

A) 1,5. B) 2,0. C) 4,0. D) 4,5. E) 5,0.

LISTA 2 (P8.1 a P8.5), da Aula 8.
Envolvendo ondas mecânicas e eletromagnéticas.

P8.1) Numa corda tensa, propaga-se uma onda de comprimento de onda 20 cm com velocidade igual a 8 m/s.

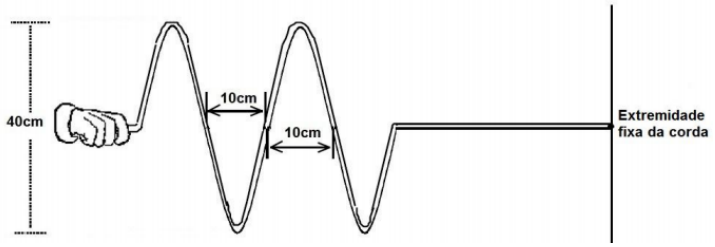
a) Calcule frequência e período dessa onda.
b) Essa onda é mecânica ou eletromagnética?

P8.2) Considere a velocidade de propagação de uma onda sonora no ar como 340 m/s. Se ela tem comprimento de onda de 34 m, ela é audível pelo ser humano? Justifique.

P8.3) a) Determine a frequência de uma onda eletromagnética, propagando-se no vácuo, de comprimento de onda de 0,1 Å. B) Identifique essa onda no espectro eletromagnético.

As ondas sonoras audíveis para o ouvido humano têm frequências compreendidas entre, aproximadamente, 20 Hz e 20 KHz. Determine a relação entre o maior e o menor comprimento de onda correspondentes a essas frequências de ondas sonoras no ar.

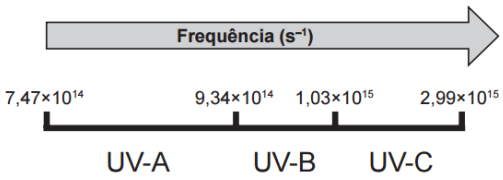
P8.4) (IFSUL 2015) Uma corda inextensível tem uma de suas extremidades fixada em uma parede vertical. Na outra extremidade, um estudante de física produz vibrações transversais periódicas, com frequência de 2Hz . A figura abaixo ilustra a onda transversal periódica resultante na corda.



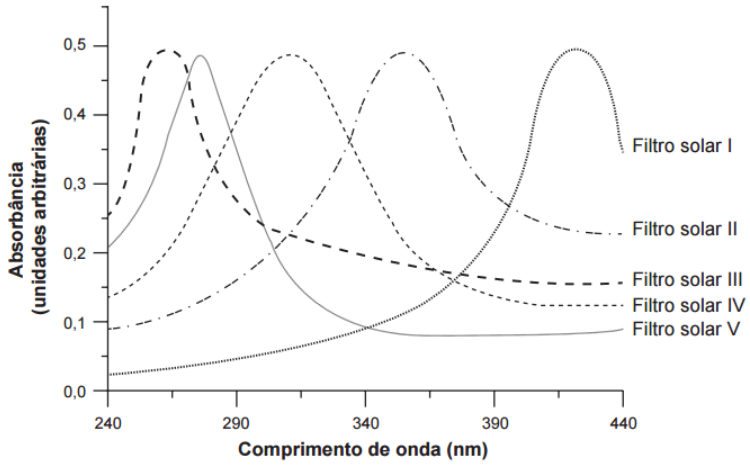
Com base nesses dados, o estudante determina a Amplitude, o Período e a Velocidade de Propagação dessa onda. Esses valores são iguais a:

A) 20cm, 0,5s e 0,4m/s
B) 20cm, 2s e 40m/s
C) 40cm, 0,5s e 20m/s
D) 40cm 2s e 0,2m/s

P8.5) (ENEM 2015) A radiação ultravioleta (UV) é dividida, de acordo com três faixas de frequência, em UV-A, UV-B e UV-C, conforme a figura.



Para selecionar um filtro solar que apresente absorção máxima na faixa UV-B, uma pessoa analisou os espectros de absorção da radiação UV de cinco filtros solares:



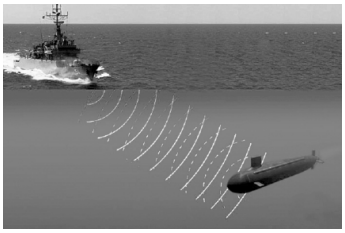
Considere: velocidade da luz = 3 . 10^{8} m/s e 1nm = 1 . 10^{-9} m.

O filtro solar que a pessoa deve selecionar é o:

A) V B) IV C) III D) II E) I

LISTA 3 (P14.1 a P14.8), da Aula 14.
Envolvendo reflexão e refração de ondas.

P14.1) (UERJ, 2015) Para localizar obstáculos totalmente submersos, determinados navios estão equipados com sonares, cujas ondas se propagam na água do mar. Ao atingirem um obstáculo, essas ondas retornam ao sonar, possibilitando assim a realização de cálculos que permitem a localização, por exemplo, de um submarino.

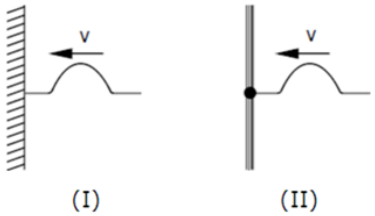


Admita uma operação dessa natureza sob as seguintes condições:

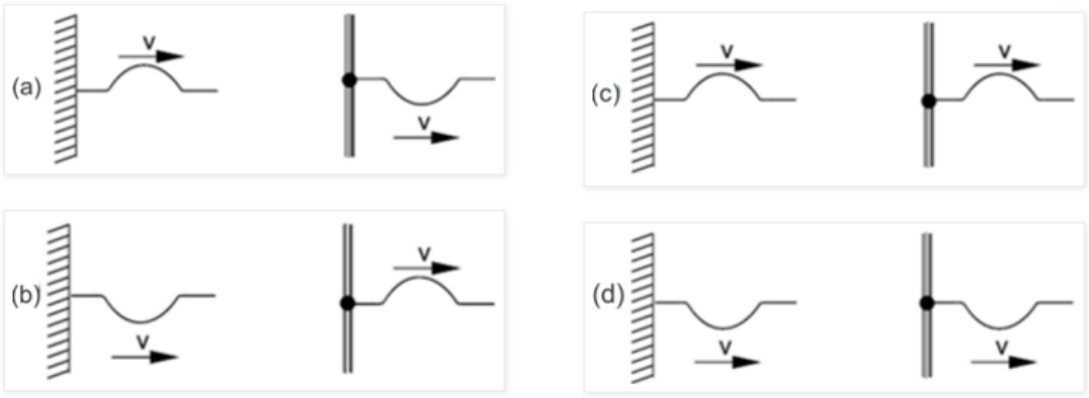
- temperatura constante da água do mar;
- velocidade da onda sonora na água igual a 1450 m/s;
- distância do sonar ao obstáculo igual a 290 m.

Determine o tempo, em segundos, decorrido entre o instante da emissão da onda pelo sonar e o de seu retorno após colidir com o submarino.

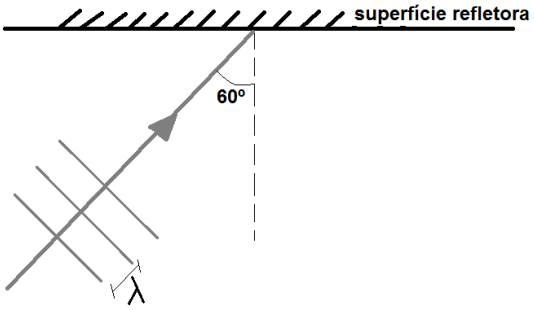
P14.2) (FEI-SP) As figuras representam dois pulsos que se propagam em duas cordas (I) e (II). Uma das extremidades da corda (I) é fixa e uma das extremidades da corda (II) é livre.



As formas dos pulsos refletidos em ambas as cordas, são respectivamente:

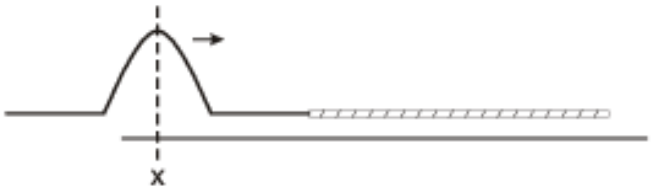


P14.3) Ondas com comprimento de onda λ incidem numa superfície refletora, conforme a figura, onde estão indicadas as frentes de onda e a direção de propagação.

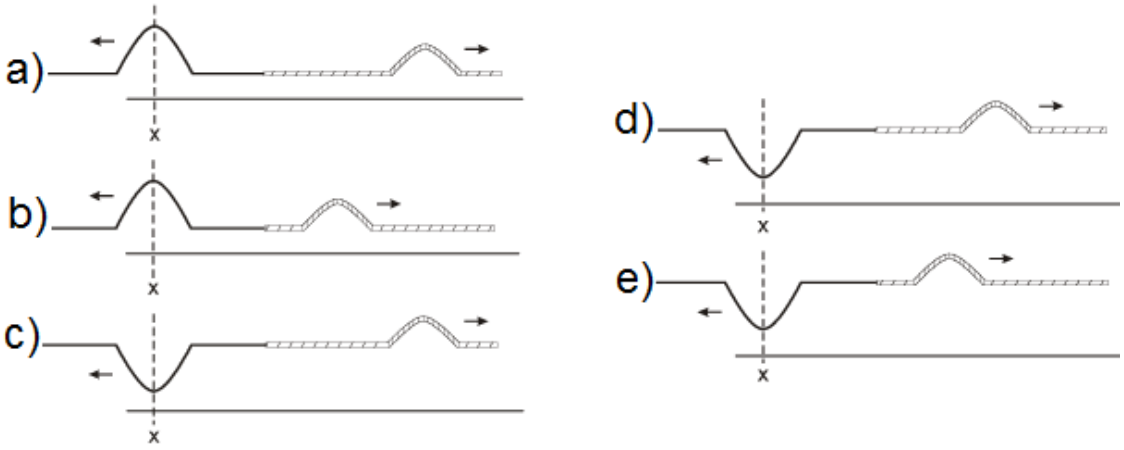


a) Desenhe as ondas após a reflexão, mostrando se houve ou não alteração no comprimento de onda (desenhando o λ maior, menor ou igual ao tamanho na onda incidente).
b) O que acontece com a frequência e a velocidade da onda após a reflexão?

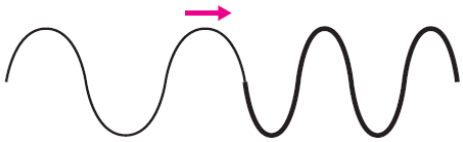
P14.4) (UFRGS 2011) Uma corda é composta de dois segmentos de densidade de massa bem distintas. Um pulso é criado no segmento de menor densidade e se propaga em direção à junção entre os segmentos, conforme representa a figura abaixo.



Assinale aquela que melhor representa a corda quando o pulso refletido está passando pelo ponto x:



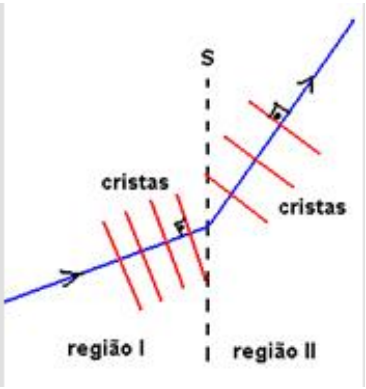
P14.5) (UFAL) Uma onda periódica se propaga numa corda fina com velocidade de 8,0 m/s e comprimento de onda igual a 40 cm. Essa onda se transmite para outra corda grossa onde a velocidade de propagação é 6,0 m/s.



Na corda grossa, essa onda periódica tem frequência em hertz e comprimento de onda em centímetro, respectivamente, iguais a:

a) 20 e 60
b) 20 e 30
c) 15 e 60
d) 15 e 30
e) 15 e 20

P14.6) (UFBa) A figura mostra, esquematicamente, as frentes de ondas planas, geradas em uma cuba de ondas, em que duas regiões, nas quais a água tem profundidades diferentes, são separadas pela superfície imaginária S. As ondas são geradas na região I, com frequência de 4Hz, e se deslocam em direção à região II. Os valores medidos, no experimento, para distâncias entre duas cristas consecutivas nas regiões I e II valem, respectivamente, 1,25cm e 2,00cm.



Calcule a velocidade das ondas na região I e na região II.

P14.7) (UPE 2010) Próxima à superfície de um lago, uma fonte emite onda sonora de frequência 500 Hz e sofre refração na água. Admita que a velocidade de propagação da onda no ar seja igual a 300 m/s, e, ao se propagar na água, sua velocidade é igual a 1500 m/s. A razão entre os comprimentos de onda no ar e na água vale:

a) 1/3 b) 3/5 c) 3 d) 1/5 e) 1

P14.8) (UFBa 2012) Em 11 de março de 2011, após um abalo de magnitude 8,9 na escala Richter,ondas com amplitudes gigantes foram geradas no Japão. Tsunamis podem ser causados por deslocamento de uma falha no assoalho oceânico, por uma erupção vulcânica ou pela queda de um meteoro. O tsunami, em alto mar, tem amplitude pequena, mas, mesmo assim, transporta muita energia. Sabe-se que a velocidade de propagação da onda, na superfície da água, é dada por $v = \sqrt{gh}$, em que g é o módulo da gravidade local e h, a profundidade do oceano onde a onda se propaga, que o comprimento de onda diminui com a redução da profundidade e que a sua energia ao longo de um comprimento de onda é dada por E = kvA²,em que k é uma constante, v é a velocidade de propagação da onda na superfície da água, e A é a amplitude da onda.

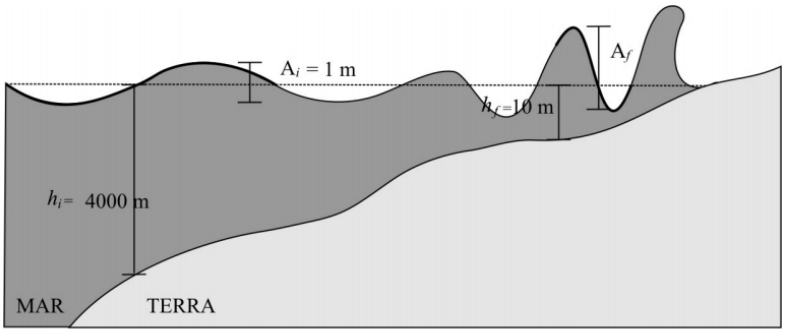


Ilustração esquemática (fora de escala) da formação da grande onda

Da análise da figura e supondo que a onda se propaga sem nenhuma perda de energia, calcule:

a) a velocidade da onda em h_i= 4000,0m de profundidade e em h_f =10,0m de profundidade, onde o módulo da aceleração da gravidade é igual a 10m/s²;
b) a amplitude da onda, A_f, em 10,0m de profundidade, sabendo que a amplitude da onda, A_i, em 4000,0m de profundidade é 1,0m.

APÊNDICE D – Respostas e comentários

D.1 – Das Tarefas de Leitura

Comentário

As respostas discursivas aqui apresentadas podem ser usadas como parâmetro para avaliar quanto o estudante conseguiu compreender do assunto. Consideramos que a prática de exigir de resposta totalmente correta para fornecer alguma pontuação em avaliação pode desestimular o estudante a tentar responder sua tarefa. Mais ainda, porque este material é um primeiro contato com o assunto, o que torna essa prática incoerente com a proposta do método Ensino sob Medida.

Respostas da TL01

Questão 1

a) 1,5 m

b) 6,5 m

Questão 2

Não, a velocidade de propagação da onda na corda depende de características físicas da corda (a intensidade da tensão na corda, a densidade linear de massa da corda). Aumentar a rapidez com que se agita a corda produzirá uma quantidade maior de comprimentos de onda no mesmo intervalo de tempo.

Questão 3

( ), (3), (5), (2), (1), (6), (4)

Comentário: O primeiro parêntesis fica em branco, nenhuma das grandezas da primeira coluna depende da rapidez com que se agita a corda (quantidade de comprimentos de onda no mesmo intervalo de tempo não é o mesmo que apenas comprimento de onda, é o mesmo que frequência, que não está na lista).

Respostas da TL02

Questão 1

a) $\frac{1}{15} Hz$ ou 4 oscilações por minuto.

b) $\frac{1}{10} Hz$ ou 5 oscilações por minuto.

c) $\frac{1}{20\ min}$ ou 3 oscilações por hora.

Questão 2

a) Ondas no mar transportam matéria na sua direção de propagação quando estão na região de rebentação ou no caso do efeito Stokes.
b) Energia.

Questão 3

Correta: D.

Comentário: Como a profundidade na região atravessada pelos dois tsunami é a mesma, suas velocidades de propagação são iguais. O que tem maior comprimento de onda tem menor frequência.

Respostas da TL03

Questão 1

Eletromagnéticas. Eles utilizam as ondas de rádio do espectro eletromagnético. Outro indício de que são ondas eletromagnéticas é que, se fossem mecânicas, haveria certo atraso na comunicação, nas distâncias consideradas na situação proposta. As ondas eletromagnéticas são muito mais rápidas.

Questão 2

(F) Comentário: ondas em cordas podem ser transversais, ondas no mar são mistas, por exemplo.
(V) Comentário: ondas sonoras são oscilações de pequenos volumes de ar na direção de propagação da onda.
(V) Comentário: sim, porque luz é onda eletromagnética e todas as ondas eletromagnéticas são transversais.
(V) Comentário: quando a direção de vibração é perpendicular à de propagação, a onda é transversal.
(F) Comentário: os comentários nas três primeiras afirmações justificam essa.

Questão 3

A erupção produz dois tipos de onda: uma mecânica (a onda de choque) e uma eletromagnética, se considerarmos a luz que nos permite ver a erupção. Podemos identificar a onda de choque pelo movimento das nuvens e pelo som ouvido no barco.

Respostas da TL04

Questão 1

Correta: B.

Comentário: no experimento de Young, ao mesmo tempo que ocorre um fenômeno ondulatório com a luz, a hipótese corpuscular é falsificada (pelo menos temporariamente, já que Einstein retoma um modelo corpuscular para explicar o efeito fotoelétrico).

Questão 2

2.1

a) Azul (ou violeta, ou roxo – a percepção e a forma como cada pessoa chamam cada cor varia, mas seriam essas as melhores opções, dentro do que a maioria das pessoas enxerga).

b) Vermelho

c) Amarelo

d) Verde

2.2

A azul, porque a de maior frequência é a de menor comprimento de onda (são grandezas inversamente proporcionais). Ou ainda, observando a figura do espectro visível, as ondas mais à esquerda são as de maior frequência.

Questão 3

Não, pois o Sol emite, além de luz, ondas ultravioleta e ondas infravermelhas, por exemplo, que estão fora do espectro visível.

Respostas da TL05

Questão 1

Incorreta: B.

Questão 2

A frequência das ondas não sofre alteração, pois só depende da frequência da fonte geradora de ondas (elas têm mesma frequência). O comprimento de onda é alterado. No caso de frequência constante, velocidade e comprimento de onda ficam diretamente proporcionais. Assim, se a velocidade da onda aumentar, também aumentará o seu comprimento.

Questão 3

Com extremidade da mola presa no pé do banco, o pulso vai até o banco numa fase e volta com em outra (inverte a fase) – fenômeno característico de um obstáculo fixo. Com a extremidade livre para oscilar (amarrada em um fio), o pulso vai e volta na mesma fase – com obstáculo móvel não ocorre inversão de fase.

D.2 – Dos Testes Conceituais (TC)

Respostas dos TC que podem ser utilizados na Aula 1

TC 1.1) C
TC 1.2) A
TC 1.3) D
TC 1.4) C
TC 1.5) A
TC 1.6) B

Respostas dos TC que podem ser utilizados na Aula 2

TC 2.1) C
TC 2.2) C
TC 2.3) A
TC 2.4) C
TC 2.5) A
TC 2.6) B
TC 2.7) A

Respostas dos TC que podem ser utilizados na Aula 4

TC 4.1) A
TC 4.2) B
TC 4.3) A
TC 4.4) C
TC 4.5) D

Respostas dos TC que podem ser utilizados na Aula 6

TC 6.1) B
TC 6.2) A
TC 6.3) A

Respostas dos TC que podem ser utilizados na Aula 7

TC 7.1) C
TC 7.2) A
TC 7.3) D
TC 7.4) A
TC 7.5) D

TC 7.6) A
TC 7.7) C
TC 7.8) C

Respostas dos TC que podem ser utilizados na Aula 9

TC 9.1) D
Comentário: a intensidade de uma onda está relacionada com a frequência e com a amplitude. Como não se tem informações sobre as amplitudes dessas ondas, não se pode indicar qual tem maior intensidade. Portanto, a alternativa C é incorreta.

TC 9.2) B
TC 9.3) A
TC 9.4) D
TC 9.5) D
TC 9.6) A
TC 9.7) C
TC 9.8) B

Respostas dos TC que podem ser utilizados na Aula 13

TC 13.1) D
TC 13.2) B
TC 13.3) B
TC 13.4) A
TC 13.5) C
TC 13.6) C
TC 13.7) A
TC 13.8) B

Respostas dos TC que podem ser utilizados na Aula 15

TC 15.1) D
TC 15.2) B
TC 15.3) B
TC 15.4) A
TC 15.5) A

D.3 – Dos Problemas (P)

Respostas dos Problemas que podem ser utilizados na Aula 5 (P5.1 a P5.8 – 1ª lista)

P5.1) B

P5.2) E

P5.3) D

P5.4) C

P5.5) C

P5.6) A

P5.7) C

P5.8) B

Respostas dos Problemas que podem ser utilizados na Aula 8 (P8.1 a P8.5 – 2ª lista)

P8.1) a) f = 40 Hz ; T = $\frac{1}{40}s$ b) Mecânica (propaga-se numa corda).

P8.2) f = 10 Hz. Não é audível pelo ser humano, é um infrassom.

P8.3) a) f = 3 . 10^{19} Hz b) Raios gama.

P8.4) A

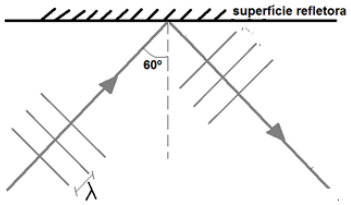
P8.5) B

Respostas dos Problemas que podem ser utilizados na Aula 14 (P14.1 a P14.8 – 3ª lista)

P14.1) 0,4 s

P14.2) B

P14.3) a) b) Não há alteração nem na velocidade nem na frequência.



P14.4) E

P14.5) B

P14.6) v_I = 5 cm/s (ou 0,05 m/s) ; v_{II} = 8 cm/s (ou 0,08 m/s)

P14.7) D

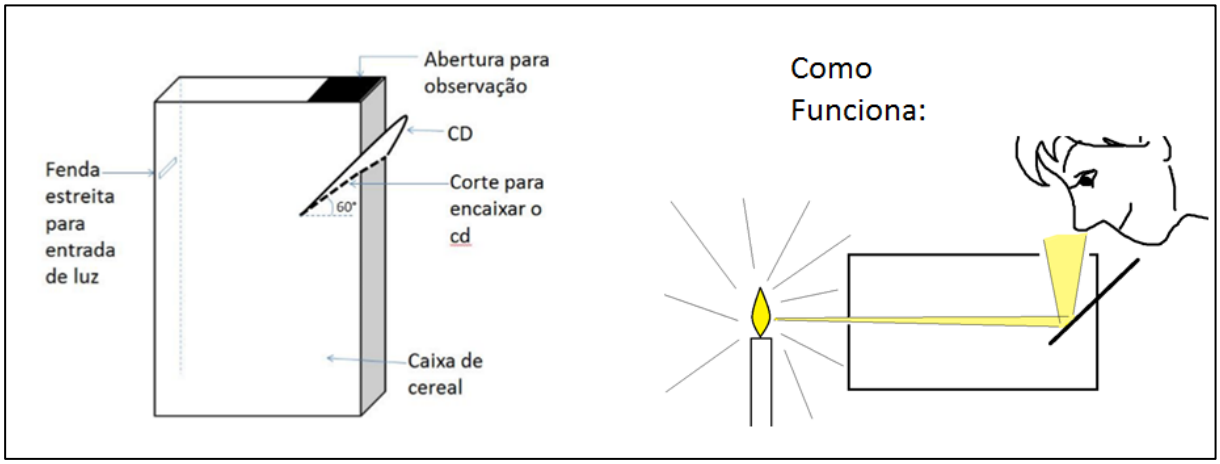
P14.8) a) v_i = 200 m/s (ou 720 km/h) ; v_f = 10 m/s (ou 36 km/h) b) $A_f = 2\sqrt{5}$ m (≈ 4,47 m)

APÊNDICE E – O espectrógrafo de caixa de cereal e cd

Esta atividade experimental foi desenvolvida por Westra (2007) e publicada no periódico *Science in School*.

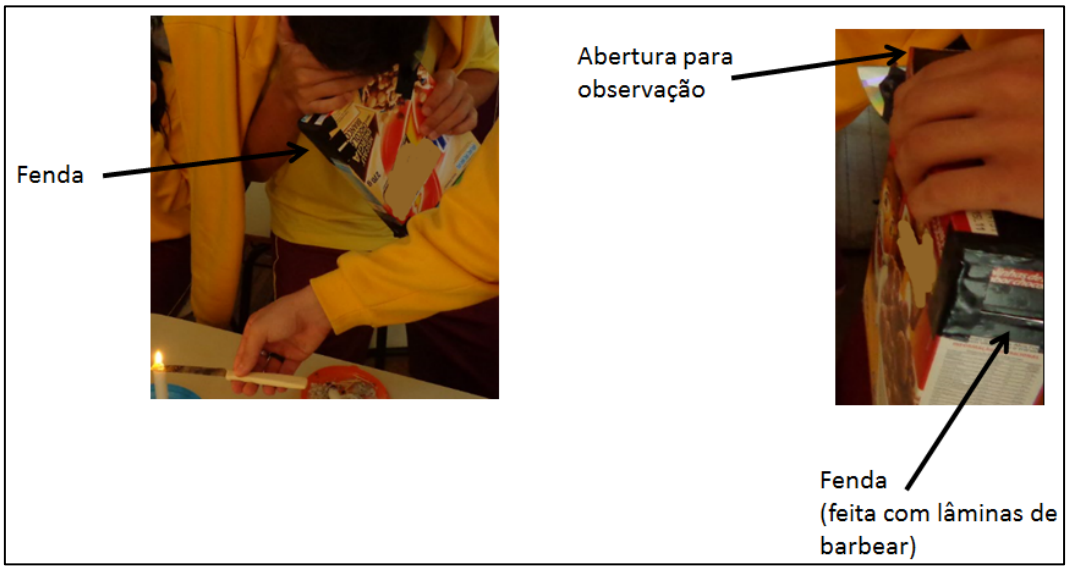
Objetivo: observar espectros da luz emitida por diferentes fontes, utilizando um espectrógrafo de baixo custo.

Figura 1 – As partes do espectrógrafo e como funciona



Fonte: a autora

Figura 2 – Estudantes do 2º ano do ensino médio utilizando o espectrógrafo:



Fonte: a autora

Material

- Caixa de cereal;
- CD;
- Fita isolante preta;
- Duas lâminas de barbear (ou um aparelho de barbear descartável novo, para ser desmontado);

Como montar o espectrógrafo

Deve-se fazer uma *abertura para observação* na parte superior da caixa (conforme Figura 1) e uma abertura estreita na lateral, para fazer a *fenda*. A fenda é delimitada com as duas lâminas de barbear. Recomenda-se deixar aproximadamente 1 mm de distância entre as lâminas, mas o melhor é testar em cada espectrógrafo (WESTRA, 2007).

Faz-se um corte na lateral, em frente à fenda, para encaixar o CD. O corte deve fazer 90º com a base da caixa. A altura da fenda deve ser semelhante à do CD. A luz que passa pela fenda deve incidir na parte brilhante do CD.

As aberturas devem ser cobertas com fita preta, para reduzir a quantidade de luz que entra na caixa.

Opcional: caso o professor prefira não usar as lâminas, pode delimitar a fenda com a fita isolante (ou outro material que desejar). Funciona também, mas com a lâmina fica melhor.

APÊNDICE F – Modelo de minirrelatório para ensino médio

FAZENDO UM RELATÓRIO CIENTÍFICO

Vamos elaborar um minirrelatório sobre nossa experiência. Cada item dessa atividade é uma parte que um relatório precisa ter.
Alguns profissionais precisam fazer relatórios técnico-científicos, pelo menos na etapa da graduação. Exemplos: médico, engenheiro, cientista (físico, biólogo, químico), médico veterinário, farmacêutico.

Objetivos do relatório: divulgar resultados obtidos e deixar o registro dos dados e das conclusões.

IDENTIFICAÇÃO **DATA: ___/____/_____**

Nomes (completos) dos alunos do grupo:

RESUMO

Façam essa parte por último. Deve contar sobre todo o relatório de forma resumida.

_____
_____
_____
_____

INTRODUÇÃO

Apresentem aqui o assunto como um todo, sem detalhes. A pessoa que lê deve entender sobre o quê é o relatório e o que se deseja obter com ele.

_____
_____
_____

DESENVOLVIMENTO

Expliquem como foi feita a experiência – com base em que teoria (em que área de conhecimento), como foi feita a montagem do espectrógrafo e para quê ele serve, quais as fontes de luz observadas com o espectrógrafos (as fotos dessas fontes são os dados coletados na experiência).

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Escrevam sobre as fotos obtidas. Relacionem as cores, podem indicar faixas de valores de comprimentos de onda associados, comparem as fotos indicando as diferenças e as semelhanças.

CONCLUSÃO

Fechamento das ideias. O que se pretendia fazer foi alcançado? Se os resultados não foram bons o que poderia ter melhorado ou o que não foi feito corretamente? O que o grupo observou dos resultados em relação à teoria estudada?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Quais materiais foram usados como consulta? Textos (qual?), livro (qual?), anotações de aula (de qual aula?), página da internet (qual?)...

TEXTOS DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

Disponíveis em: http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/mostra_ta.php

n°. 1 Um Programa de Atividades sobre de Física para a 8ª Série do 1º Grau
Rolando Axt, Maria Helena Steffani e Vitor Hugo Guimarães, 1990.

n°. 2 Radioatividade
Magale Elisa Brückmann e Susana Gomes Fries, 1991.

n°. 3 Mapas Conceituais no Ensino de Física
Marco Antonio Moreira, 1992.

n°. 4 Um Laboratório de Física para Ensino Médio
Rolando Axt e Magale Elisa Brückmann, 1993.

n°. 5 Física para Secundaristas – Fenômenos Mecânicos e Térmicos
Rolando Axt e Virgínia Mello Alves, 1994.

n°. 6 Física para Secundaristas – Eletromagnetismo e Óptica
Rolando Axt e Virgínia Mello Alves, 1995.

n°. 7 Diagramas V no Ensino de Física
Marco Antonio Moreira, 1996.

n°. 8 Supercondutividade – Uma proposta de inserção no Ensino Médio
Fernanda Ostermann, Letície Mendonça Ferreira, Claudio de Holanda Cavalcanti, 1997.

n°. 9 Energia, entropia e irreversibilidade
Marco Antonio Moreira, 1998.

n°. 10 Teorias construtivistas
Marco Antonio Moreira e Fernanda Ostermann, 1999.

n°. 11 Teoria da relatividade especial
Trieste Freire Ricci, 2000.

n°. 12 Partículas elementares e interações fundamentais
Fernanda Ostermann, 2001.

n°. 13 Introdução à Mecânica Quântica. Notas de curso
Ileana Maria Greca e Victoria Elnecave Herscovitz, 2002.

n°. 14 Uma introdução conceitual à Mecânica Quântica para professores do ensino médio
Trieste Freire Ricci e Fernanda Ostermann, 2003.

n°. 15 O quarto estado da matéria
Luiz Fernando Ziebell, 2004.

v. 16, n. 1 Atividades experimentais de Física para crianças de 7 a 10 anos de idade
Carlos Schroeder, 2005.

v. 16, n. 2 O microcomputador como instrumento de medida no laboratório didático de Física
Lucia Forgiarini da Silva e Eliane Angela Veit, 2005.

v. 16, n. 3 Epistemologias do Século XX
Neusa Teresinha Massoni, 2005.

v. 16, n. 4 Atividades de Ciências para a 8a série do Ensino Fundamental: Astronomia, luz e cores
Alberto Antonio Mees, Cláudia Teresinha Jraige de Andrade e Maria Helena Steffani, 2005.

v. 16, n. 5 Relatividade: a passagem do enfoque galileano para a visão de Einstein
Jeferson Fernando Wolff e Paulo Machado Mors, 2005.

v. 16, n. 6 Trabalhos trimestrais: pequenos projetos de pesquisa no ensino de Física
Luiz André Mützenberg, 2005.

v. 17, n. 1 Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio
Maria Beatriz dos Santos Almeida Moraes e Rejane Maria Ribeiro-Teixeira, 2006.

v. 17, n. 2 A estratégia dos projetos didáticos no ensino de física na educação de jovens e adultos (EJA)
Karen Espindola e Marco Antonio Moreira, 2006.

v. 17, n. 3 Introdução ao conceito de energia
Alessandro Bucussi, 2006.

v. 17, n. 4 Roteiros para atividades experimentais de Física para crianças de seis anos de idade
Rita Margarete Grala, 2006.

v. 17, n. 5 Inserção de Mecânica Quântica no Ensino Médio: uma proposta para professores
Márcia Cândida Montano Webber e Trieste Freire Ricci, 2006.

v. 17, n. 6 Unidades didáticas para a formação de docentes das séries iniciais do ensino fundamental
Marcelo Araújo Machado e Fernanda Ostermann, 2006.

v. 18, n. 1 A Física na audição humana
Laura Rita Rui, 2007.

v. 18, n. 2 Concepções alternativas em Óptica
Voltaire de Oliveira Almeida, Carolina Abs da Cruz e Paulo Azevedo Soave, 2007.

v. 18, n. 3 A inserção de tópicos de Astronomia no estudo da Mecânica em uma abordagem epistemológica
Érico Kemper, 2007.

v. 18, n. 4 O Sistema Solar – Um Programa de Astronomia para o Ensino Médio
Andréia Pessi Uhr, 2007.

v. 18, n. 5 Material de apoio didático para o primeiro contato formal com Física; Fluidos
Felipe Damasio e Maria Helena Steffani, 2007.

v. 18, n. 6 Utilizando um forno de microondas e um disco rígido de um computador como laboratório de Física
Ivo Mai, Naira Maria Balzaretti e João Edgar Schmidt, 2007.

v. 19, n. 1 Ensino de Física Térmica na escola de nível médio: aquisição automática de dados como elemento motivador de discussões conceituais
Denise Borges Sias e Rejane Maria Ribeiro-Teixeira, 2008.

v. 19, n. 2 Uma introdução ao processo da medição no Ensino Médio
César Augusto Steffens, Eliane Angela Veit e Fernando Lang da Silveira, 2008.

v. 19, n. 3 Um curso introdutório à Astronomia para a formação inicial de professores de Ensino Fundamental, em nível médio
Sônia Elisa Marchi Gonzatti, Trieste Freire Ricci e Maria de Fátima Oliveira Saraiva, 2008.

v. 19, n. 4 Sugestões ao professor de Física para abordar tópicos de Mecânica Quântica no Ensino Médio
Sabrina Soares, Iramaia Cabral de Paulo e Marco Antonio Moreira, 2008.

v. 19, n. 5 Física Térmica: uma abordagem histórica e experimental
Juleana Boeira Michelena e Paulo Machado Mors, 2008.

v. 19, n. 6 Uma alternativa para o ensino da Dinâmica no Ensino Médio a partir da resolução qualitativa de problemas
Carla Simone Facchinello e Marco Antonio Moreira, 2008.

v. 20, n. 1 Uma visão histórica da Filosofia da Ciência com ênfase na Física
Eduardo Alcides Peter e Paulo Machado Mors, 2009.

v. 20, n. 2 Relatividade de Einstein em uma abordagem histórico-fenomenológica
Felipe Damasio e Trieste Freire Ricci, 2009.

v. 20, n. 3 Mecânica dos fluidos: uma abordagem histórica
Luciano Dernadin de Oliveira e Paulo Machado Mors, 2009.

v. 20, n. 4 Física no Ensino Fundamental: atividades lúdicas e jogos computadorizados
Zilk M. Herzog e Maria Helena Steffani, 2009.

v. 20, n. 5 Física Térmica
Nelson R. L. Marques e Ives Solano Araujo, 2009.

v. 20, n. 6 Breve introdução à Fisica e ao Eletromagnetismo
Marco Antonio Moreira, 2009.

v. 21, n. 1 Atividades experimentais de Física à luz da epistemologia de Laudan: ondas mecânicas no ensino médio
Lizandra Botton Marion Morini, Eliane Angela Veit, Fernando Lang da Silveira, 2010.

v. 21, n. 2 Aplicações do Eletromagnetismo, Óptica, Ondas, da Física Moderna e Contemporânea na Medicina (1ª Parte)
Mara Fernanda Parisoto e José Túlio Moro, 2010.

v. 21, n. 3 Aplicações do Eletromagnetismo, Óptica, Ondas, da Física Moderna e Contemporânea na Medicina (2ª Parte)
Mara Fernanda Parisoto e José Túlio Moro, 2010.

v. 21, n. 4 O movimento circular uniforme: uma proposta contextualizada para a Educação de Jovens e Adultos (EJA)
Wilson Leandro Krummenauer, Sayonara Salvador Cabral da Costa e Fernando Lang da Silveira, 2010.

v. 21, n. 5 Energia: situações para a sala de aula
Marcia Frank de Rodrigues, Flávia Maria Teixeira dos Santos e Fernando Lang da Silveira, 2010.

v. 21, n. 6 Introdução à modelagem científica
Rafael Vasques Brandão, Ives Solano Araujo e Eliane Angela Veit, 2010.

v. 22, n. 1 Breve introdução à Lei de Gauss para a eletricidade e à Lei de Àmpere-Maxwell
Ives Solano Araujo e Marco Antonio Moreira, 2011.

v. 22, n. 2 O conceito de simetria na Física e no Ensino de Física
Marco Antonio Moreira e Aires Vinícius Correia da Silveira, 2011.

v. 22, n. 4 Visões epistemológicas contemporâneas: uma introdução
Marco Antonio Moreira e Neusa Teresinha Massoni, 2011.

v. 22, n. 5 Introdução à Física das Radiações
Rogério Fachel de Medeiros e Flávia Maria Teixeira dos Santos, 2011.

v. 22, n. 6 O átomo grego ao Modelo Padrão: os indivisíveis de hoje
Lisiane Araujo Pinheiro, Sayonara Salvador Cabral da Costa e Marco Antonio Moreira, 2011.

v. 23, n. 1 Situações-problema como motivação para o estudo de Física no 9o ano
Terrimar I. Pasqualetto , Rejane M. Ribeiro-Teixeira e Marco Antonio Moreira, 2012.

v. 23, n. 2 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas UEPS
Marco Antonio Moreira, 2012.

v. 23, n. 3 Universo, Terra e Vida: aprendizagem por investigação
Roberta Lima Moretti, Maria de Fátima Oliveira Saraiva e Eliane Angela Veit, 2012.

v. 23, n. 4 Ensinando Física através do radioamadorismo
Gentil César Bruscato e Paulo Machado Mors, 2012.

v. 23, n. 5 Física na cozinha
Lairane Rekovvsky, 2012.

v. 23, n. 6 Inserção de conteúdos de Física Quântica no Ensino Médio através de uma unidade de ensino potencialmente significativa
Adriane Griebeler e Marco Antonio Moreira, 2013.

v. 24, n. 1 Ensinando Física Térmica com um refrigerador
Rodrigo Poglia e Maria Helena Steffani, 2013.

v. 24, n. 2 Einstein e a Teoria da Relatividade Especial: uma abordagem histórica e introdutória
Melina Silva de Lima, 2013.

v. 24, n. 3 A Física dos equipamentos utilizados em eletrotermofototerapia
Alexandre Novicki, 2013.

v. 24, n. 4 O uso de mapas e esquemas conceituais em sala de aula
Angela Denise Eich Müller e Marco Antonio Moreira, 2013.

v. 24, n. 5 Evolução temporal em Mecânica Quântica: conceitos fundamentais envolvidos
Glauco Cohen F. Pantoja e Victoria Elnecave Herscovitz, 2013.

v. 24, n. 6 Aprendizagem significativa em mapas conceituais
Marco Antonio Moreira, 2013.

v. 25, n. 1 Introdução ao uso de tecnologias no Ensino de Física experimental dirigida a licenciandos de Física
Leandro Paludo, Eliane Angela Veit e Fernando Lang da Silveira, 2014.

v. 25, n. 2 Uma proposta para a introdução dos plasmas no estudo dos estados físicos da matéria no Ensino Médio
Luis Galileu G. Tonelli, 2014.

v. 25, n. 3 Abordagem de conceitos de Termodinâmica no Ensino Médio por meio de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas
Marcos Pradella e Marco Antonio Moreira, 2014.

v. 25, n.4 Arduino para físicos: uma ferramenta prática para a aquisição de dados automáticos
Rafael Frank de Rodrigues e Silvio Luiz Souza Cunha, 2014.

v. 25, n.5 Ensino de conceitos básicos de eletricidade através da análise do consumo de energia elétrica na escola
Adroaldo Carpes de Lara, Ives Solano Araujo e Fernando Lang da Silveira, 2014.

v. 25, n.6 Pequenos projetos de Física no ensino não formal
Camilla Lima dos Reis e Maria Helena Steffani, 2014.

v. 26, n.1 Ensino de Eletricidade para a Educação de Jovens e Adultos
Rodrigo Lapuente de Almeida e Sílvio Luiz de Souza Cunha, 2015.

v. 26, n.2 Textos e atividades sobre oscilações e ondas, modelos atômicos, propriedades da luz, luz e cores, radiações ionizantes e suas aplicações médicas
José Fernando Cánovas de Moura, Rejane Maria Ribeiro-Teixeira e Fernando Lang da Silveira, 2015.

v. 26, n.3 Ensino de Óptica na escola de nível médio: utilizando a plataforma Arduino como ferramenta para aquisição de dados, controle e automação de experimentos no laboratório didático
Elio Molisani Ferreira Santos, Rejane Maria Ribeiro-Teixeira e Marisa Almeida Cavalcante, 2015.

v. 26, n.4 Proposta didática para desenvolver o tema supercondutividade no Ensino Médio
Flavio Festa, Neusa Teresinha Massoni e Paulo Pureur Neto, 2015.

v. 26, n.5 Oficina de Astronomia
Marina Paim Gonçalves e Maria Helena Steffani, 2015

v. 26, n.6 Interfaces entre teorias de aprendizagem e ensino de Ciências/Física
Marco Antonio Moreira e Neusa Teresinha Massoni, 2015.

v. 27, n. 1 Proposta didática para apresentar conceitos do movimento de queda dos corpos no Ensino Fundamental através de um aporte histórico e epistemológico
Jênifer Andrade de Matos e Neusa Teresinha Massoni, 2015.

v. 27, n. 2 Proposta didática para o ensino de calorimetria com ênfase no desenvolvimento da habilidade de leitura e interpretação de gráficos
Gabriel Schabbach Schneider, Fernando Lang da Silveira e Eliane Angela Veit, 2016.

v. 27, n. 3 Uma proposta de trabalho orientada por projetos de pesquisa para introduzir temas de

física no 9° ano do ensino fundamental
Jeferson Barp e Neusa Teresinha Massoni, 2016.

v. 27, n. 4 Aplicação do Método Peer Instruction na abordagem das Leis de Newton no Ensino Médio
Jader Bernardes, Ives Solano Araujo e Eliane Angela Veit, 2016.