

ASSOCIAÇÃO DA LUZ COM ONDAS ELETROMAGNÉTICAS EM UMA ABORDAGEM DOS 3 MP

Robson C. Cardoso, UFABC

Por que associar a luz com ondas eletromagnéticas?

Quando um aluno passa pelas aulas de Física do Ensino Médio, ele, além de outros conteúdos, estuda ondas, óptica e eletromagnetismo. Devido às organizações estabelecidas pelos livros didáticos ou pelo próprio professor, os temas são colocados sucessivamente.

Os campos elétricos e magnéticos são conceitos muito abstratos dentro da Física e, para um jovem estudante do ensino médio, entender a luz como uma onda gerada a partir desses campos variantes no tempo não é nada fácil, pois essa associação chegou espantar até mesmo a comunidade científica do final do século XIX.

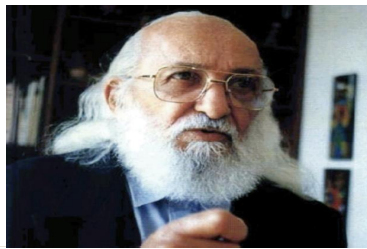
As ondas eletromagnéticas estão presentes em diversas atividades do cotidiano de nossos alunos. Termos como “ondas de

rádio”, “interferência de sinal” e “dispositivo eletrônico pegar bem ou mal o sinal” dão indícios de que, para os alunos, há uma relação entre ondas eletromagnéticas e devido a essa popularização, a apresentação da luz como ondas eletromagnéticas causa pouca surpresa aos alunos. Porém esse saber não traz sinais de ser algo fruto de um raciocínio formal. Percebe-se o uso de termos científicos colocados em frases vagas sem nenhum significado coeso. As ideias surgem espontaneamente como algo simples e pronto. Esse produto é proposto como uma ferramenta para que o conceito de onda eletromagnética e sua relação com a luz visível e não visível seja integrado ao conhecimento dos alunos. Espera-se que os alunos atuem, não só como mero consumidores, mas que, de posse do conhecimento formal, possam agir e interferir com propriedade em suas atividades cotidianas.

Uma Metodologia Construída em Três Momentos	Aplicação dos 3MP em Sala de Aula	Descrição dos Experimentos	Materiais de Apoio	Material Instrucional	Avaliação
Pág. 2	Pág. 3	Pág. 7	Pág. 10	Pág. 11	Pág. 12

Uma Metodologia Construída em Três Momentos

Para essa intervenção didática, escolhemos a metodologia dos Três Momentos de Pedagógicos (3MP) proposta por Delizoicov e Angotti. Baseamos essa escolha na necessidade de tirar o aluno de uma posição confortável e acrítica sobre o assunto tratado. A abordagem problematizadora dos 3MP mostra-se apropriada para esse papel de provocar e instigar o



Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para sua produção ou construção. (Paulo Freire em Pedagogia do Oprimido)



O ponto culminante da problematização é fazer com que o aluno sinta necessidade de adquirir outros conhecimentos. (Demétrio Delizoicov em Problemas e Problematizações)

Os 3MP

- **Problematização Inicial:**
- **Organização do Conhecimento:**
- **Aplicação do Conhecimento:**

aluno a ter um pensamento crítico em relação a um assunto cujo saber foi incorporado pela repetição (3)

De acordo com Paulo Freire na educação problematizadora, educador e educando fazem parte de um mesmo processo onde se estabelece uma relação dialógica e ambos interagem através de saberes e juntos constroem o conhecimento. Dentro desse cenário, Paulo Freire propõe uma organização curricular baseada em temas geradores. Partindo dessas ideias, os proponentes dos 3MP sistematizaram os temas geradores em cinco etapas denominadas de investigação temática, à saber: levantamento preliminar, codificação, círculo de investigação temática, redução temática e trabalho em sala de aula.

Dentre as cinco etapas, Delizoicov e Angotti propõem, em um curso de física para formação de professores em Guiné-Bissau, uma metodologia para a última etapa do programa proposto por Freire. Assim, a metodologia proposta consiste de uma dinâmica composta por ter três momentos, ficou conhecida como Três Momentos Pedagógicos (1).

Esses três passos consistem de:

Problematização Inicial

Apresentam-se questões ou situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que

estão envolvidas nos temas. Nesse momento pedagógico, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações, a fim de que o professor possa ir conhecendo o que eles pensam. A finalidade desse momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade de adquirir outros conhecimentos que ainda não detém.

Organização do Conhecimento (Sistematização)

sob a orientação do professor, os conhecimentos de física necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados. Os estudantes, neste momento irão resolver atividades propostas que terão importante função formativa na apropriação do conhecimento.

Aplicação do Conhecimento

Esse momento se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. Neste momento os alunos são capacitados para empregar seus conhecimentos e articular a conceituação científica com situações reais.

Aplicação dos 3 MP em Sala de Aula



A sequência de aulas proposta destina-se à alunos da 3ª série do ensino médio que já tenham passado pelas aulas de campos elétricos e campos magnéticos e tenham concepções, mesmo que superficiais, sobre óptica e ondas.

Para realização do primeiro momento, sugere-se que os alunos sejam divididos em grupos. Os grupos recebem nomes que devem ser estabelecidos pelos próprios integrantes. Caso isso não ocorra, o próprio professor pode sugerir e criar uma atmosfera envolvente na sala de aula. A formação dos grupos é mantida ao longo das aulas.

Antes de iniciar as atividades, é importante que o professor verifique o que os alunos sabem sobre ondas eletromagnéticas e para essa verificação é feita a seguinte pergunta: *“O que é uma onda eletromagnética?”*

Nota-se que, mesmo os alunos já tendo estudado esse tema em aulas anteriores, suas respostas são desconexas, vagas e sem coesão científica.

Depois de verificado e conhecimentos dos alunos sobre ondas eletromagnéticas inicia-se o primeiro momento pedagógico.

1ª AULA: Propõe-se, para esse momento, o experimento das gaiolas, onde um rádio a pilha é colocado em seu interior.

O objetivo desse experimento é verificar o conhecimento dos alunos sobre a natureza do sinal que faz um rádio ora funcionar ora não, dependendo da gaiola que cobre o rádio.

1ª Atividade:

Pede-se que os alunos façam uma previsão: *O que ocorre quando colocamos um rádio sintonizado dentro de uma caixa de papelão sem revestimento?*

Na sequência, pedimos que eles façam uma nova previsão:

O que acontecerá quando colocarmos o rádio sintonizado dentro da caixa revestida com papel alumínio?

O professor ouve as respostas de todos os grupos e deixar a turma a vontade para debates que eventualmente aconteçam entre eles. O papel do professor é o de um mediador, levantando questões problematizadoras sobre as respostas.

A partir das respostas dos grupos, levanta-se questões sobre os motivos da interrupção ou da não interrupção do sinal em cada gaiola. Após receber as respostas dos grupos, coloca um nova questão: *“E se colocarmos o rádio dentro da gaiola metálica?”*

Diante das respostas dos alunos o professor, vai questionando e inferindo situações que os façam entrar em conflito com suas respostas afim de se perceber que um

Aplicação dos 3 MP em Sala de Aula

conhecimento mais formal e aprofundado é necessário.

Pede-se aos alunos que assistam ao vídeo “A descoberta das ondas de rádio” (disponível

2ª AULA: Inicia-se na sequência, uma atividade que envolve a difração da luz visível e não visível. Essa atividade permite que os estudantes comprovem o caráter ondulatório das radiações eletromagnéticas, onde é possível fazer uma classificação das ondas eletromagnéticas em função de seus comprimentos de onda.

2ª Atividade:

Essa atividade tem 2 etapas:

Na primeira, pergunta-se aos alunos como um controle remoto consegue mudar um canal, ou aumentar o volume da TV mesmo a distância. Então aciona-se a tecla do controle remoto e os estudantes observam, através da câmera do celular, o LED emissor das ondas. O professor verifica as hipóteses levantadas pelos alunos. Na segunda utiliza-se os óculos 3D para demonstrar que o fenômeno da difração ocorre com a luz visível e com o sinal.

Os óculos 3D mostram a difração da luz visível em dois comprimentos de onda distintos, emitidos pelo laser e da luz infravermelha pelo controle remoto. O padrão de difração da luz visível foi observado incidindo o feixe de luz do laser sobre os óculos 3D e projetando a imagem difratada na parede. Para a luz verde, verifica-se

que os espaçamento entre as franjas eram ligeiramente menor que para a luz vermelha.

O padrão de difração da luz infravermelha é observado do mesmo modo que a luz visível, porém a projeção é feita diretamente na câmera do celular. Devido a dificuldades técnicas, não se pode qualificar o padrão de difração em relação ao observado com a luz visível.

O espaçamento entre as franjas comprovam a diferença entre os comprimentos de onda das radiações e encaminha uma aula expositiva dentro de uma faixa de comprimento de onda.

Ao final dessa atividade, os estudantes recebem:

- 1) Um impresso com o espectro eletromagnético com exemplos de utilização das diferentes faixas de frequência.
- 2) O texto “ONDAS” contendo um questionário que deve ser respondido e trazido na aula seguinte.
- 3) Os links dos vídeos sobre ondas eletromagnéticas que deve ser assistido para auxiliar nas respostas dos questionários e na sistematização do conhecimento.

(Esses materiais podem ser encontrados na internet e os links estão na página 10, na seção Material Instrucional)

Aplicação dos 3 MP em Sala de Aula

3ª AULA:

O último momento dessa sequência é a aplicação do conhecimento sistematizado, realizado a partir de um experimento sobre a identificação das radiações e suas propriedades ondulatórias. O objetivo desse experimento é demonstrar a sensibilidade de nossos olhos a diferentes comprimentos de onda relacionando ao que vemos dos objetos com a luz emitida por eles.

3ª Atividade:

Utiliza-se uma caixa, como as de sapato, fechada, com um orifício na lateral e revestida internamente com cartolina preta. Dentro da caixa são colocados recortes de diferentes cores e um controle remoto com uma tecla acionada. Em seu interior são instalados três lâmpadas de cores verde, vermelha e azul, cujo acionamento é feito por interruptores externos à caixa. Denominamos esse aparato como “caixa óptica”.

Prepara-se os alunos ao experimento da caixa óptica, com uma aula expositiva e dialogada sobre o texto que eles tiveram de ler na aula anterior. Nessa exposição discute-se a emissão de radiação dos corpos. Embora todos os corpos emitam radiação em todas as faixas de frequência, foi destacado que a faixa do visível é a mais intensa radiação emitida pelo Sol e portanto faz com que sejamos adaptados a enxergar nessa faixa do espectro.

A atividade inicia com os alunos

observando diretamente o interior da caixa pelo orifício. As lâmpadas estão inicialmente apagadas e vão acendendo uma a uma. Após essa observação perguntamos aos alunos:

- 1) *O que você conseguiu ver dentro da caixa? Por que acha que isso aconteceu? (Com luzes apagadas)*
- 2) *E com a luz acesa, que você viu? Quais as cores dos objetos? Elas se mantiveram a medida que as lâmpadas iam acendendo?*

Como as lâmpadas são acesas uma a uma, nota-se que os objetos apresentam cores diferentes dependendo da fonte que o ilumina.

Essa atividade tem o objetivo de apresentar o olho como agente passivo no processo de visão e que se vê depende do que é emitido pela fonte.

Na segunda observação utiliza-se a câmera dos celulares dos alunos para enxergar a parte interna da caixa, repetindo as etapas da primeira observação: primeiro com as lâmpadas apagadas e depois com acendendo as lâmpadas. Novamente pergunta-se:

- 1) *O que você viu dentro da caixa utilizando a câmera? (as luzes estavam apagadas e os alunos observarão o infravermelho do controle remoto como um ponto luminoso piscante)*
- 2) *O que é emitido pelo controle remoto, é luz?*

Espera-se que com essa atividade, os alunos se coloquem com propriedade sobre os fenômenos e façam relações com os diferentes comprimento de onda do espectro eletromagnético.

Aplicação dos 3 MP em Sala de Aula

4º AULA:

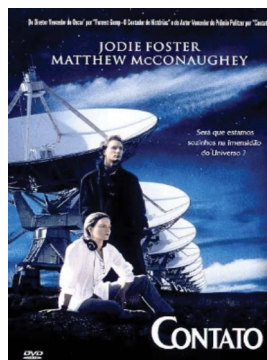
Para finalizar essa sequência de aulas, pergunta-se aos estudantes se no céu noturno existem emissões de radiações eletromagnéticas não percebidas pelos nossos olhos. Para agregar, mostra-se aos alunos uma fotografia de uma galáxia obtida com filtros, infravermelhos, raio-x, ultravioleta e comparamos com a mesma imagem obtida com luz visível.

Pede-se que os alunos façam uma relação da escolha de se observar o céu noturno em vários comprimentos de onda com a observação da caixa óptica utilizando a câmera. Espera-se que os alunos verifiquem que a dificuldade deles em identificar o sinal do controle remoto é a mesma dificuldade encontrada pelos astrônomos ao identificar objetos espaciais que emitem ondas fora do visível.

Como parte da aplicação do conhecimento do conhecimento encerra-se a aula e as atividades com a exibição do filme “Contato” (ZEMECKIS, 1997) baseado no livro de Carl Sagan que faz referência a comunicações extraterrestres por meio de radiações eletromagnéticas. O filme é longo e pode precisar de uma aula a mais para ser exibido.

Afim de dar suporte ao desenvolvimento da aula utiliza-se experimentos que podem ser construídos com materiais relativamente acessíveis.

Os experimentos apresentados não tem apenas o papel de atrair o aluno a uma sensação de novidade, mas de utilizar desse recurso para construir um conhecimento mais próximo da sua realidade. Os experimentos dentro dos 3MP atuam como facilitadores de um conhecimento mais aprofundado quando relacionados aos conhecimentos prévios dos alunos, aproximando suas concepções do conhecimento científico.



Contato é um filme norte-americano de 1997, adaptado do romance de mesmo nome escrito por Carl Sagan e dirigido por Robert Zemeckis.

Em **Contato**, Sagan convida os leitores a uma viagem, mostrando que sinais captados num radiotelescópio podem conter mensagens capazes de nos fazer repensar toda a nossa concepção da vida e do universo.



Descrição dos Experimentos

Para auxiliar e dar suporte ao desenvolvimento da aula utiliza-se experimentos que podem ser construídos com materiais relativamente acessíveis.

Os experimentos apresentados não têm apenas o papel de atrair o aluno a uma sensação de novidade, mas de utilizar desse artifício para construir um conhecimento mais próximo da sua realidade. Os experimentos dentro dos 3MP atuarão como facilitadores de um conhecimento mais aprofundado quando relacionado ao conhecimentos prévios dos alunos, aproximando suas concepções do conhecimento científico.

Experimento das Gaiolas:

Materiais utilizados:

- 1 rádio a pilha;
- 1 peneira metálica;
- 1 peneira de nylon;
- 1 caixa de papelão para colocar o rádio;
- 1 caixa de papelão revestida com papel alumínio.

Descrição do experimento:

Uma gaiola de Faraday é uma blindagem elétrica, ou seja, uma superfície condutora que envolve uma dada região do espaço e que pode, em certas situações, impedir a entrada de perturbações produzidas por campos elétricos e magnéticos externos. Ao colocar o rádio no interior de uma superfície metálica fechada (Gaiola de Faraday), este torna-se o interior de um condutor elétrico fechado e oco.

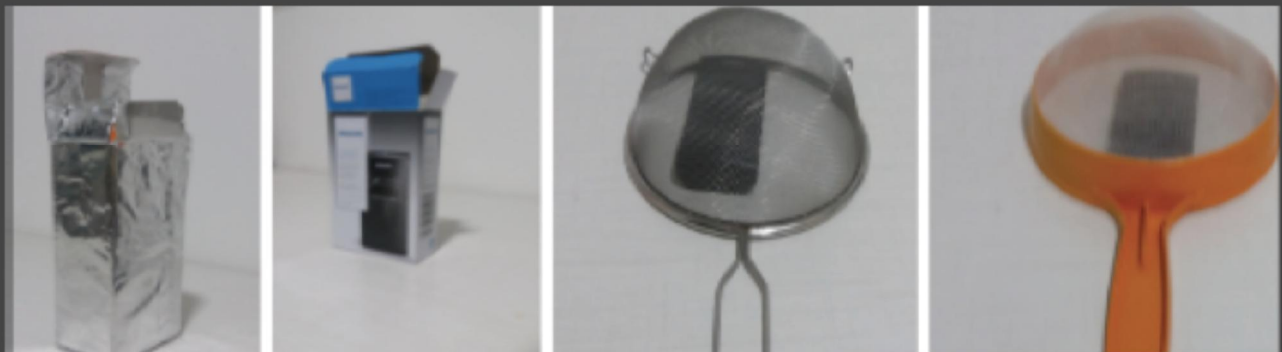
Em nosso experimento a onda chega até a superfície metálica (faces da Gaiola) em cujo

interior o campo elétrico deve ser nulo, como a onda perde, nessa cobertura, seu componente elétrico não há quem variar para produzir o componente magnético logo, a partir daí a onda deixa de existir e não há sinal para atingir a antena do rádio.

Esse fenômeno ocorre pois, na superfície metálica, há elétrons livres que se movem na presença dos campos da onda eletromagnética. Por ser acelerado, esse movimento gera uma radiação fazendo com que exista a reflexão da onda eletromagnética incidida como se fosse uma onda mecânica encontrando um ponto livre.

Experimento das Gaiolas

Para esse experimento utilizamos quatro tipos de gaiola. Uma peneira com tela metálica, uma peneira com tela de nylon, uma caixa de papelão revestida com papel alumínio e uma caixa de papelão



Descrição dos Experimentos

Descrição da Atividade:

O experimento é feito em três etapas. Na primeira etapa coloca-se um rádio AM-FM portátil a pilha dentro de uma caixa de papelão. Na segunda parte, dispõe-se o mesmo rádio dentro de uma caixa de papelão cujas paredes foram revestidas com papel alumínio. Na última etapa, envolve-se o rádio com uma peneira de tela de nylon e a seguir com uma peneira de tela metálica como mostrado na figura acima.

Ao colocar o rádio sintonizado em uma estação dentro da caixa de papelão e coberto pela peneira com tela de nylon verifica-se que o aparelho continua funcionando, pois essas são falsas gaiolas de Faraday. Porém o rádio dentro da caixa revestida com papel alumínio e coberto com a peneira metálica perde o sinal. Pode-se dizer que a peneira metálica e a caixa revestida com papel alumínio são gaiolas de Faraday.

Utiliza-se a peneira metálica como gaiola de Faraday para instigar nos alunos a percepção dos limites do fenômeno. Devido a efeitos de interferências das ondas, quando a radiação possui um comprimento de onda próximo ao tamanho da tela, a gaiola passa a ser eficaz. Dessa observação, os aparelhos dentro da gaiola são vistos, pois a radiação luminosa tem comprimento de onda muitíssimo inferior ao tamanho da malha podendo passar pela grade. Porém a radiação das fontes usadas sofre a reflexão de modo a não serem capazes de passar pela grade devido a ter um comprimento de onda considerável. Para considerar a peneira como uma gaiola de Faraday, adotamos uma taxa limite de 10% entre o comprimento de onda e o espaçamento entre os fios metálicos da grade da peneira. Essa condição é considerada uma regra de ouro para a prevenção da transmissão e recepção de ondas eletromagnética.

Os comprimentos de onda que trabalhamos foram calculados baseados nas frequências dos equipamentos. Utiliza-se estações

com frequências FM compreendidas entre 85MHz e 108 Mhz cujos comprimentos de onda variam entre 2,77m e 3,5m, portanto o comprimento de corte que corresponde a 10% varia entre 27,7 cm e 35 cm. A partir dessas medidas verifica-se que telas com malhas menores do que 1cm² funcionam bem para bloquear rádios AM ou FM.

Experimento da Difração

Materiais Utilizados:

- ponteiras laser verde e vermelha;
- óculos de difração 3D ou CD sem película refletora;
- câmera do telefone celular.

Descrição do Experimento:

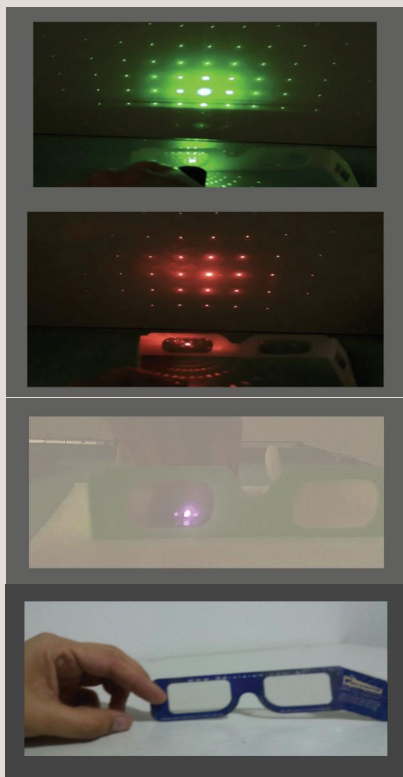
Nesse experimento, os alunos podem observar a difração em três fontes de radiação eletromagnética a partir de um óculos de difração de visão 3D . Esses óculos são utilizados para observar fogos de artifício.

A difração é o nome genérico dado aos fenômenos associados a desvios da propagação da luz em relação ao previsto pela óptica geométrica. A difração ocorre quando uma onda encontra uma fenda com dimensões menores que seu comprimento de onda.

Descrição da Atividade

Utiliza-se os óculos 3D para mostrar a difração da luz visível em dois comprimentos de onda distintos, emitidos pelo laser e da luz infravermelha pelo controle remoto. O padrão de difração da luz visível é observado incidindo o feixe de luz do laser sobre os óculos 3D e projetando a imagem difratada na parede como pode ser visto na figura a seguir.

Descrição dos Experimentos



O fenômeno da difração ocorre, inclusive, com ondas infravermelhas, porém precisamos utilizar uma câmera para vê-las

Para a luz verde, nota-se que o espaçamento entre as franjas são ligeiramente menor que para a luz vermelha. Por outro lado, o padrão de difração da luz infravermelha é observado do mesmo modo que a luz visível, porém a projeção é feita diretamente na câmera do celular.

Devido a dificuldades técnicas, não qualifica-se o padrão de difração em relação ao observado com a luz visível.

Experimento da Caixa Óptica:

Materiais Utilizados:

- Uma caixa como as de sapato, por exemplo;
- recortes de cartolina verde, azul, vermelha e branca;
- 1 lâmpada verde, 1 lâmpada vermelha e 1 lâmpada azul;
- fios de ligação elétrica;
- 3 interruptores;
- 1 controle remoto.

Descrição do Experimento:

Esse experimento requer um pouco mais de habilidade manual do professor.

Ele precisa construir uma caixa com um orifício na lateral e revestida por dentro com cartolina preta. Dentro da caixa são colocados um recorte de cada cor de cartolina com formas geométricas diferentes (quadrado, triângulo, círculo e hexágono). Isso facilitará a identificação, quando observadas pelo orifício da

caixa. Também coloca-se dentro da caixa um controle remoto com alguma tecla acionada.

O objetivo do experimento da caixa óptica é demonstrar a sensibilidade de nossos olhos a diferentes comprimentos de onda relacionando ao que vemos dos objetos com a luz emitida por eles.

Descrição da Atividade:

Os alunos farão observações pelo orifício da caixa.

A primeira observação é direta. Primeiro as luzes internas estão apagadas e pede-se que os alunos acendam as lâmpadas uma a uma.

Na segunda observação, utiliza-se a câmera dos celulares dos alunos para enxergar a parte interna da caixa, repetindo as etapas da primeira observação: primeiro com as lâmpadas apagadas e depois com as lâmpadas acesas.

Com esses experimentos, espera-se contribuir mais efetivamente com a dinâmica dos 3MP.



Materiais de Apoio

Textos, vídeos, jornais, revistas e até mesmo os celulares usados pelos alunos podem ser ferramentas importantes para o desenvolvimento dos 3MP. Esse produto educacional conta com a utilização de vídeos e textos de apoio que auxiliam na sistematização do conhecimento sobre ondas eletromagnéticas.



1º Material

• Vídeo

O primeiro vídeo utilizado no 2º momento da aplicação do produto foi “descoberta das ondas eletromagnéticas” (Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=hLnZbcjRwR8>> Acesso em 16.07.2017) . O filme tem aproximadamente 3 min de duração e [e utilizado para abrir a discussão sobre a natureza do sinal recebido pelos rádios e telefones celulares e sobre qual característica faz uma onda ser visível ou não. Além desse vídeo introdutório, sugere-se que os alunos assistam uma sequência de 8 vídeos produzidos pela NASA com a mesma temática: ondas eletromagnéticas. Cada filme também possui, aproximadamente, 3 minutos e explora cada faixa do espectro eletromagnético.

Esses filmes contribuem significativamente para a sistematização do tema ondas eletromagnéticas.

2º Material

• Texto

O texto de apoio (anexado a seguir) utilizado no 2º momento da aplicação do produto está disponível em <http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/rived/arquivos/entrevista-com-a-luz/Entrevista_Luz_GP.pdf> Acesso em 16.Jul.2017.

O texto é um material para os alunos consultarem quando precisarem descrever fenômenos utilizando-se de termos mais formais que ainda são recentes em seu vocabulário. Além disso, o texto auxilia na reafirmação da aula expositiva dada pelo professor e serve como elemento para encerrar a sistematização com novas discussões. Ao final da leitura, os alunos vão encontrar um questionário e uma diagrama com o espectro eletromagnético e suas aplicações em situações cotidianas.

3º Material

• Fotografias

Imagens fotográficas da via láctea feitas com filtros infravermelhos e raios-x são utilizadas para comparar com a mesma imagem fotográfica feita no visível. Essas imagens são utilizadas no 3º momento da aplicação, quando os alunos relacionam função do filtro utilizado pelos astrônomos para observar fenômenos astronômicos, com a câmera utilizada por eles para observar o infravermelho do controle remoto.

• Filme

Ao final da aplicação do produto o filme “Contato” (Zemckis,1997) baseado no livro de Carl Sagan, exerce uma importante aplicação das ondas de rádio na radioastronomia e nos serviços de telecomunicação em geral.

Material Instrucional

Para os professores que queiram aprofundar seus conhecimentos sobre os 3MP, sugerimos as seguintes leituras:

1. DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
2. FREIRE, P, Pedagogia da Autonomia Saberes Necessários à Práticas Educativas. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2016.
3. MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. Revista Ensaio: Belo Horizonte, v. 14,n. 3, p.199- 215, 2012.
4. DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. A Metodologia do Ensino de Ciências. São Paulo: Cortez, 1994.
5. DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. Física. São Paulo: Cortez, 1991.

Para aprofundamento no conhecimento sobre ondas eletromagnéticas, sugerimos:

1. KAPRAS, S. Livros didáticos: Maxwell e a transposição didática da luz como onda eletromagnética. Cad. Brasileiro de Ensino de Física, v. 28, n. 3: p. 564-600, dez. 2011.
2. SENGUPTA, D. L.; e SAKAR T. K. Maxwell, Hertz, the Maxwellians and the Early History of Eletromagnetic Waves, *IEEE Antennas and Propagation Waves Magazine*. v. 45, n. 2, p. 13-19, 2003.
3. HERTZ, H. On the Relations Between Maxwell's Fundamental Equations of the Opposing Electromagnetics, *Wied. Anm*, 23, 1884, pp. 84-103.
4. HEAVISIDE, O.P. Electromagnetic Waves, The Propagation of Potential, and the Electromagnetic Effects of a Moving Charge, *The Electrician*, 9, 1888, pp. 23-83.

Os vídeos sugeridos para auxiliar a sistematização podem ser encontrados em:

Vídeo01 :<https://www.youtube.com/watch?v=og2KaacxT_o&list=PLDcJz4pL1L-rJaVTFMpagBhF13g703o09>;

Vídeo02 :<<https://www.youtube.com/watch?v=bZGt76ZQhDI&index=2&list=PLDcJz4pL1L-rJaVTFMpagBhF13g703o09>>;

Vídeo03 :<<https://www.youtube.com/watch?v=FD6IBsVqORo&list=PLDcJz4pL1L-rJaVTFMpagBhF13g703o09&index=3>>

Vídeo04 :<<https://www.youtube.com/watch?v=osnHVg3UyG8&index=4&list=PLDcJz4pL1L-rJaVTFMpagBhF13g703o09>>

Vídeo05 :<<https://www.youtube.com/watch?v=5wAsPLPH50Q&list=PLDcJz4pL1L-rJaVTFMpagBhF13g703o09&index=5>>

Vídeo06 :<<https://www.youtube.com/watch?v=hLVVtzHz6Fo&list=PLDcJz4pL1L-rJaVTFMpagBhF13g703o09&index=6>>

Vídeo07 :<<https://www.youtube.com/watch?v=n6PFOOqTFsk&index=7&list=PLDcJz4pL1L-rJaVTFMpagBhF13g703o09>>

Vídeo08 :<<https://www.youtube.com/watch?v=GfomwsluglQ&index=8&list=PLDcJz4pL1L-rJaVTFMpagBhF13g703o09>>

Filme contato:

ZEMECKIS, R. Contato. Warner Bros. Arcibo, Porto Rico, 1997. 1 DVD, 2h30min. Color. Son.

O texto e as imagens utilizadas podem ser consultadas integralmente em:

<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/rived/arquivos/entrevista-com-a-luz/Entrevista_Luz_GP.pdf> Acesso em 16.Jul.2017

<www.astro.iag.usp.br/~carciofi/aulas_aga0104/aula11.ppt> Acesso em 16.07.2017.

Avaliação

Sugere-se, para esse produto educacional, uma avaliação qualitativa. Esse tipo de avaliação permite uma análise individualizada do conhecimento formal adquirido pelos alunos.

Para a avaliação qualitativa é proposta a seguinte questão, feita antes e após a aplicação do produto:

“O que é onda eletromagnética?”

Essa questão é fundamental para a avaliação do produto pois a verificação de uma evolução na aprendizagem do aluno para essa pergunta mostra a eficácia do produto.

As questões levantadas antes e durante a aplicação do produto são fundamentais para que se verifique a eficiência desse produto educacional na aprendizagem dos alunos.

Quando se analisa as respostas iniciais dos estudantes sobre ondas eletromagnéticas, nota-se dois pontos: conhecimentos vagos sem nenhuma relação sólida com seu significado científico; conhecimentos associados a sinais invisíveis de comunicação a distância.

O professor também pode utilizar as respostas dos alunos sobre o questionário contido no texto para verificar a construção do conhecimento adquirido.

Após a aplicação do produto, espera-se que as respostas sejam mais sólidas dentro de conhecimento científico sobre ondas eletromagnéticas. O produto visa construir nos alunos condições identificar as radiações dentro do espectro eletromagnético a partir de seu comprimento de onda.

O produto apresentado foi aplicado inicialmente na Escola Estadual Professora Rituco Mitani, em Franco da Rocha. Os alunos que participaram cursavam a 3ª série do Ensino Médio em 2016. Aplicou-se o produto no 4º Bimestre, como um encerramento das aulas de eletromagnetismo. Consideramos que a proposta foi eficaz, pois verificamos através da avaliação um amadurecimento sistemático nas respostas comparadas com as respostas iniciais.

Posteriormente, o produto foi aplicado em outras turmas da mesma escola e em turmas de escolas da rede privada de São Paulo. Percebeu-se pelas avaliações, que o resultado também foi satisfatório.

Esse produto educacional faz parte da dissertação para obtenção do título de mestre em ensino de Física no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – polo UFABC.

Autores



Robson César Cardoso, mestrando em Ensino de Física no MNPEF – polo UFABC, professor de Física em escolas da rede pública e particular de São Paulo. Graduou-se em Física na Universidade Presbiteriana Mackenzie em 2002

Marcelo Oliveira da Costa Pires é professor associado da Universidade Federal do ABC. Bacharel em Física (1998); Mestre (2000) e Doutor (2005) em Física da Matéria Condensada com especialização em condensados de Bose-Einstein.



Apêndice

ONDAS

INTRODUÇÃO AO ENSINO DAS ONDAS

Você é capaz de dizer o que uma criança brincando em um balanço, um banhista praticando surf em uma linda praia, um pacote de pipocas estourando no forno de micro-ondas, uma ligação em um aparelho de telefone celular e uma radiografia têm em comum? Pense um pouco! Não é uma pergunta muito difícil, embora também não pareça ser fácil. De uma maneira geral, há um princípio físico presente em todas as atividades descritas no parágrafo anterior: o fenômeno ondulatório! A onda do mar (essencial para o surf) e o balanço da criança são exemplos típicos de um determinado tipo de onda, a onda mecânica; enquanto que os eletrodomésticos, para funcionar, necessitam da presença de um outro tipo de onda: as eletromagnéticas, como a luz e as ondas de rádio.

Embora representem o mesmo princípio físico, ondas mecânicas e eletromagnéticas são bastante diferentes entre si. Vale a pena dar uma boa olhada nessas diferenças e, de quebra, aproveitar para lembrar e entender melhor alguns aspectos do texto sobre a relação entre Eletricidade e Magnetismo, que já trabalhamos.

A luz e o som são vibrações que se propagam através do espaço como ondas. Entretanto, elas são dois *tipos* de ondas diferentes! O som é uma propagação de vibrações, no tempo e no espaço, através de um MEIO MATERIAL - o ar. Sem a presença de um meio material, o *som* não pode se propagar, embora muitos filmes de ficção científica insistam em mostrar o som de grandiosas explosões de naves espaciais, isso seria impossível na vida real, pois o som, como onda mecânica, não se propaga no vácuo. Ondas mecânicas são as ondas produzidas por uma perturbação num meio material, como, por exemplo, uma onda na água do mar, a vibração de uma corda de violão ou a voz de uma pessoa.

Todas as vibrações que necessitam de um meio qualquer para poderem se propagar são chamadas **ondas mecânicas**.

Já a luz é uma **onda eletromagnética**, portanto pode se propagar no vácuo – o que é ótimo, senão, de que maneira a luz do sol e das estrelas atravessaria o espaço até chegar ao nosso planeta? O fenômeno das ondas eletromagnéticas é a base da física moderna, mas apresentam um pequeno inconveniente: ao contrário da vibração em uma corda de violão ou de uma onda no mar que são fáceis de se ver por aí, as ondas eletromagnéticas são vibrações de coisas invisíveis – o campo elétrico e o campo magnético. Felizmente, porém, elas tendem a se comportar de maneira muito parecida com as ondas mecânicas, por possuírem as mesmas características básicas.

Assim, para conseguir imaginar uma onda eletromagnética e seu comportamento, primeiro é preciso saber quais são a propriedade que ela tem em comum e que uma onda mecânica apresenta: são elas a **frequência**, o **período**, o **comprimento de onda**, a **velocidade de propagação**, a **amplitude** e a **energia**. Mas não se assuste com esses nomes, se você já foi à praia ou brincou de pular-corda alguma vez na vida, pode ter certeza que já conhece bem esses elementos característicos de uma onda.

Espectro Eletromagnético e Sonoro

Calma, não é de assombração que nós iremos falar agora, mas das diferenças entre os tipos de ondas eletromagnéticas. Afinal, ondas de rádio não são idênticas às de TV, embora ambas sejam ondas eletromagnéticas. Mas em que elas diferem? Basicamente, pela frequência correspondente a cada tipo de onda.

O conjunto de todas as ondas de rádio, TV, micro-ondas, radiação infravermelha, luz, radiação ultravioleta, raios X e raios gama, constitui o chamado **espectro eletromagnético**. Ondas sonoras (que são ondas mecânicas longitudinais) também possuem seu próprio espectro, denominado (adivinha?) **espectro sonoro**: ele é composto por todas as faixas de frequências sonoras, audíveis ou não pelo ser humano.

Apêndice

Agora que já estamos familiarizados com as propriedades das ondas eletromagnéticas, podemos estudar como elas são produzidas – e entender melhor o conteúdo já estudado no texto sobre a relação entre eletricidade e magnetismo. Afinal, ondas mecânicas são originadas a partir de um **pulso**, e toda onda só pode ser criada a partir de uma **fonte**: como são criadas, então as ondas eletromagnéticas?

Você se lembra do que acontece se conectarmos um condutor aos terminais de um gerador, como uma pilha ou bateria? Sabemos que a diferença de energia potencial entre os polos estabelece um campo elétrico no interior do condutor; e que é devido a esse campo elétrico externo que os elétrons livres do condutor passam a se movimentar. Assim, uma carga, ao se movimentar, faz variar a intensidade de seu campo elétrico, porque ele passa a se movimentar junto com ela. Mas, essa variação na intensidade do campo elétrico irá induzir um campo magnético circular em torno do fio (que pode ser facilmente detectado, conforme a experiência de Oersted, lembra-se?). É possível deduzir o sentido do campo magnético “agarrando mentalmente” o fio condutor (nunca toque em um fio condutor durante a passagem de corrente!) com a mão direita, de forma que seu dedo indicador esteja no sentido em que passa a corrente elétrica.

Assim como a variação de um campo elétrico produz um campo magnético, a variação de um campo magnético também induz um campo elétrico variável, como já estudamos na experiência de Faraday, certo? Agora, imagine um fio percorrido por uma corrente contínua. Há um campo elétrico no fio, o que faz com que seus elétrons-livres se desloquem. Há também um campo magnético ao redor do fio, já que há corrente elétrica: no momento em que você ligar (ou desligar) o fio do gerador, a corrente passará de uma intensidade zero (desligado) ao valor da corrente contínua e durante esse intervalo de tempo, os elétrons livres do fio estão acelerando (ou desacelerando), o que causará uma variação no campo elétrico dos elétrons; consequentemente, uma variação no campo magnético ao redor do fio.

Essas variações do campo cessam quando a corrente contínua se estabelece, assumindo sua intensidade fixa: e agora você entende por que, na sala de aula, só observou a interferência no rádio quando ligou (e desligou) o fio na pilha, mas não quando ele permaneceu ligado. Portanto, se a corrente no fio for alternada, o campo elétrico vai variar, fazendo seus elétrons livres se moverem alternadamente no fio: esses elétrons se movem fazendo um vai-e-vem, acelerando e desacelerando, variando assim seu campo elétrico. Ao mesmo tempo, com a variação de corrente, o campo magnético por ela induzido também vai variar. Como é que se chama mesmo esse tipo de perturbação que se propaga? Ah, sim, uma onda: só que uma onda eletromagnética, pois ambas as informações (a variação dos campos elétricos e magnéticos) irão se propagar. Mesmo que os elétrons parem de se movimentar, os campos elétricos e magnéticos permanecerão existindo, e a informação das variações sofridas continuará se propagando na forma de uma onda eletromagnética, rumo ao infinito (como será mostrado na aula, no filme “Contato”).

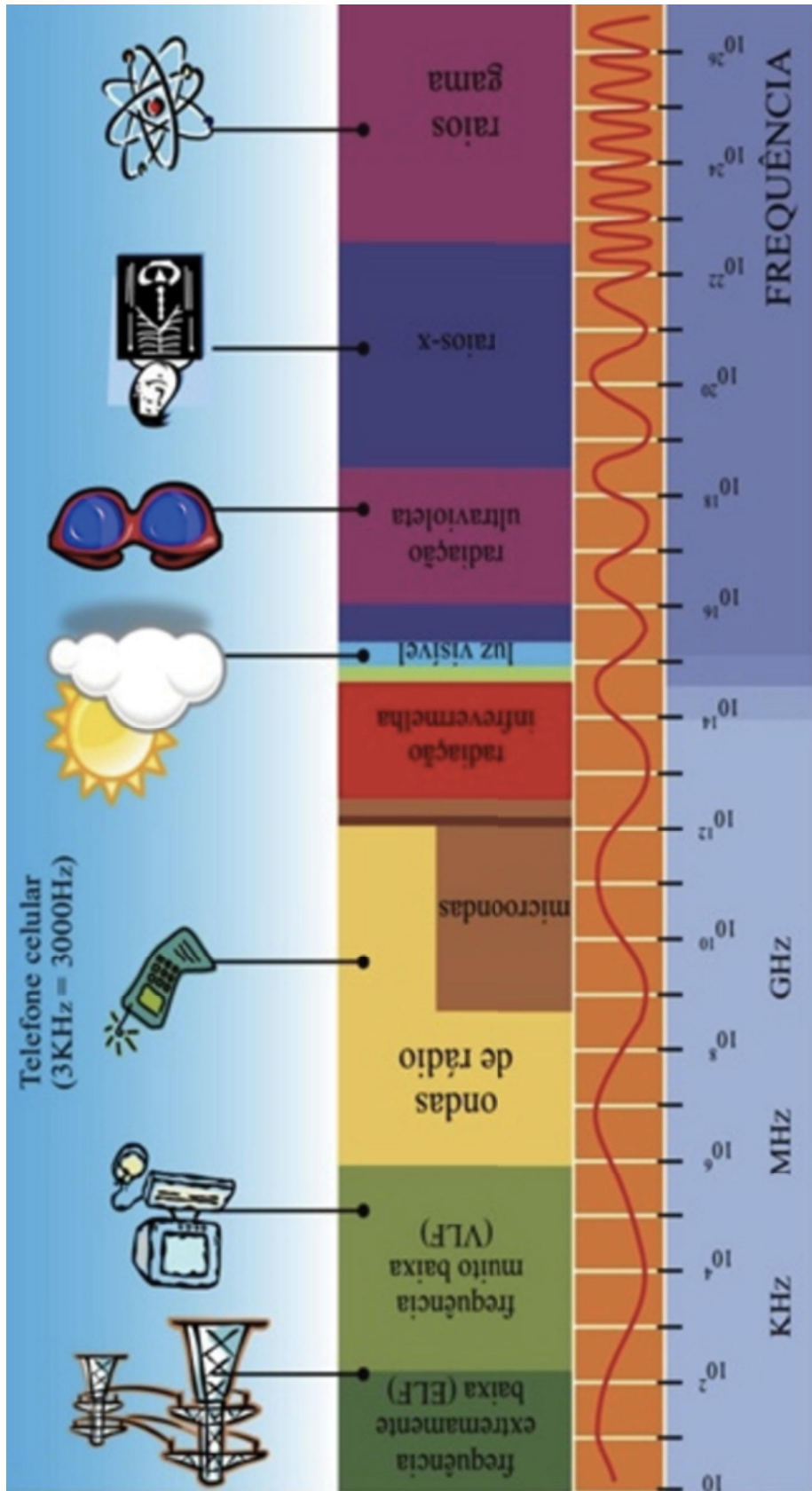
QUESTÕES

- 1 - Como podemos gerar uma onda eletromagnética?
- 2 - Explique a relação entre corrente elétrica e magnetismo.
- 3 - O que são ondas mecânicas?
- 4 - Quais as diferenças entre uma onda eletromagnética e uma onda sonora?
- 5 - Qual a menor e a maior frequências que estão no espectro da luz visível?
- 6 - Apontando um controle remoto para uma TV, conseguimos fazer com que ela ligue. Explique porque a luz de uma lanterna apontada para a TV, não consegue fazê-la ligar, uma vez que tanto no controle quanto na lanterna o que é emitido são ondas eletromagnéticas?

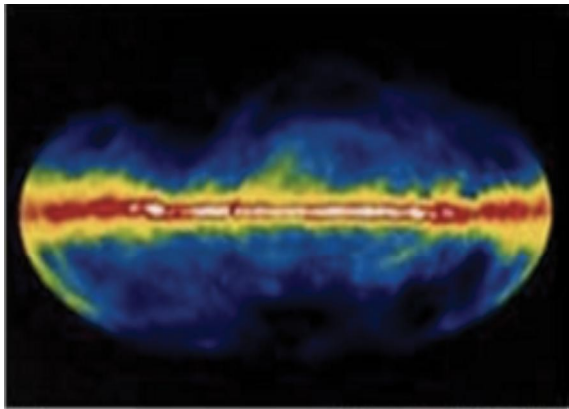
Fonte: (<http://www.lapef.fe.usp.br>) Texto adaptado

Apêndice

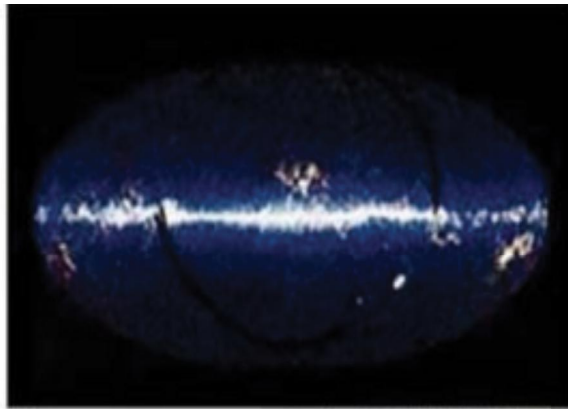
Espectro Eletromagnético



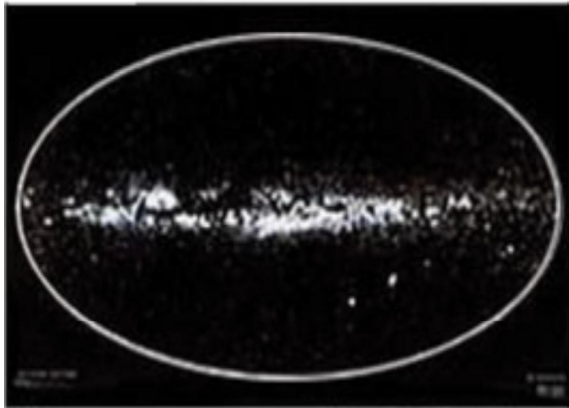
Apêndice



Rádio



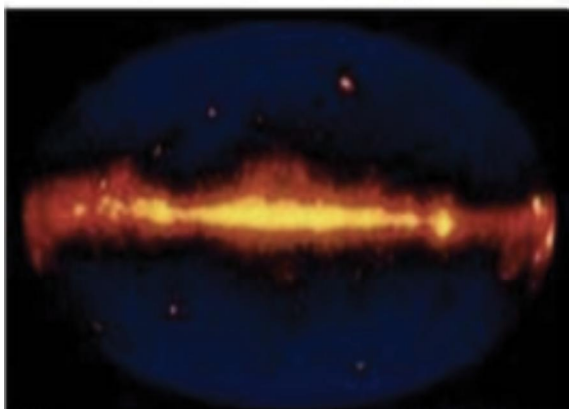
Infravermelho



Visível



Raio X



Raios Gama



Via Láctea vista em diferentes cores

A imagem está disponível em: <www.astro.iag.usp.br/~carciofi/aulas_aga0104/aula11.ppt> Acesso em 16.07.2017.