



Tópicos de Ensino de Física I (F609)- 2º semestre de 2012

Comunicação óptica: transmitindo o som com luz e fibras ópticas

RELATÓRIO FINAL



Aluno: Guilherme de Sá Antunes – RA 106698

Contato: guiantunes8 x hotmail.com

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Monteiro de Barros Cordeiro

Contato: <http://portal.ifi.unicamp.br/br/pessoas/128-professores/121-558>

Co-Orientador: Claudécir Ricardo Biazoli

Contato: <http://portal.ifi.unicamp.br/br/pessoas/134-iniciacao-cientifica/111-1439>

Coordenador: Prof. Dr. Jose Joaquin Lunazzi

Contato: <http://portal.ifi.unicamp.br/br/pessoas/128-professores/274-141>

Campinas, 5 de novembro de 2012

Agradecimentos

Agradeço todos aqueles que me ajudaram a colocar em prática este projeto. Ao professor Cristiano, meu orientador, que esteve disposto a fazer este trabalho comigo, me ajudando e elaborando a ideia principal do experimento. Ao Claudedir Biazoli, ajudando com a coleta dos materiais e tirando dúvidas. Ao Giancarlo Chesini, colaborando com dúvidas e também na coleta dos materiais. Ao José Aparecido, da oficina mecânica, pelos serviços prestados. Ao Thiago e a Paloma, que dedicaram um longo tempo me ajudando com o alinhamento dos espelhos e da fibra óptica. Ao coordenador José Lunazzi pela oportunidade e por ministrar a disciplina. Agradeço também ao Claudemir, da oficina eletrônica, que me ajudou na parte final do semestre, com a construção e elaboração de um detector eletrônico que pudesse substituir a célula fotovoltaica utilizada durante o semestre e devolvida ao orientador. A todos vocês meus sinceros agradecimentos, escrevo este relatório no plural pois sei que não fiz esse trabalho sozinho.

1. Resumo

O trabalho em questão tem por objetivo a construção de um experimento didático, para a demonstração de fenômenos físicos ao público. A escolha do experimento foi realizada pelo professor Cristiano Cordeiro, do IFGW, que sugeriu algo envolvendo conceitos de óptica, sua área de pesquisa.

O experimento permite realizar a transmissão do som através da luz de um laser de canetinha, como propõe o título. Duas caixas de som isoladas uma da outra tocam a mesma música no mesmo instante, sendo que em uma delas é ligado um aparelho MP3 e a outra recebe o sinal pela luz. Para provar que a segunda caixa de som não está ligada a nenhum aparelho a não ser um detector, e que a música realmente é transmitida por um laser, basta interferir na trajetória do laser, colocando um pedaço de papel, por exemplo. Assim instantaneamente a música para de tocar na segunda caixa de som.

2. A ideia motivadora

Em linhas gerais, queríamos demonstrar a modulação do sinal óptico (laser) através de um espelho. A luz do laser possui informações próprias, como frequência e amplitude, e se trata de uma onda

eletromagnética. As oscilações de um auto-falante também possuem suas informações, mas se trata de uma onda mecânica. Fazendo-se incidir um laser no espelho colado ao auto-falante que vibra, conseguimos fazer uma superposição de informações (modulação)? Nos principais resultados atingidos, (item 4), demonstramos que sim.

3. A física por trás do experimento

O Laser: A palavra Laser significa, em inglês, **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation, ou seja, amplificação de luz por emissão estimulada de radiação. Ele é um dispositivo que produz radiação eletromagnética com características muito especiais: ela é monocromática (possui comprimento de onda muito bem definido), coerente (todas as ondas dos fótons que compõe o feixe estão em fase) e colimada (propaga-se como um feixe de ondas praticamente paralelas).

A Modulação: Modulação é o processo de variação de altura (amplitude), de intensidade, frequência, do comprimento e/ou da fase de onda numa onda de transporte, que deforma uma das características de um sinal portador (amplitude, fase ou frequência) que varia proporcionalmente ao sinal modulador.

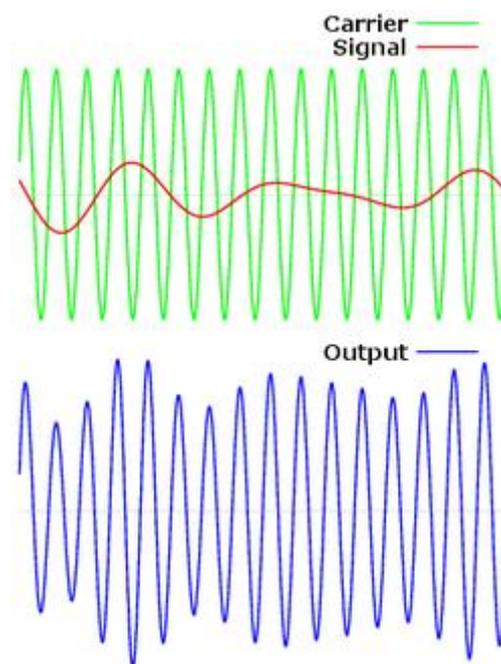


Figura 1: Exemplo de modulação.

No exemplo acima, o sinal portador aparece em verde, e o sinal modulador em vermelho. O resultado dessa superposição de informações

aparece em azul. No caso que veremos no experimento, a luz do laser possui frequência bem definida, apesar de não ser senoidal como no exemplo.

A fibra óptica: É um pedaço de vidro ou de materiais poliméricos com capacidade de transmitir a luz. Tal filamento pode apresentar diâmetros variáveis, dependendo da aplicação, indo desde diâmetros ínfimos, da ordem de micrômetros (o caso da fibra utilizada no experimento) até vários milímetros.

A transmissão da luz pela fibra segue um princípio único, independente do material usado ou da aplicação: é lançado um feixe de luz numa extremidade da fibra e, pelas características ópticas do meio (fibra), esse feixe percorre a fibra por meio de reflexões sucessivas. A fibra possui no mínimo duas camadas: o núcleo (filamento de vidro) e o revestimento (material eletricamente isolante). No núcleo ocorre a transmissão da luz propriamente dita. A transmissão da luz dentro da fibra é possível graças a uma diferença de índice de refração entre o revestimento e o núcleo, sendo que o núcleo sempre possui um índice de refração mais elevado, característica que aliada ao ângulo de incidência do feixe de luz, possibilita o fenômeno da reflexão interna total.

Se quiser saber mais detalhes, consulte o anexo no fim do relatório.

4. Resultados atingidos

O primeiro resultado atingido foi conseguir os materiais necessários. O professor Cristiano providenciou todos os equipamentos, com o auxílio de Claudedir Biazoli (foi incluído como co-orientador) e de José Aparecido (oficina mecânica do DEQ) na montagem.

Para fazer o espelho vibrar, colamos ele no centro de um auto-falante, já que se excitarmos o auto-falante ele vibra com uma certa frequência. Para controlar a frequência conectamos um gerador de funções ao auto-falante. A reflexão do laser após o espelho incidia em um detector eletrônico, ligado a um computador. Demonstramos a possibilidade de se modular, observando através de um osciloscópio, a forma da onda.

Na figura 1 abaixo, temos a onda própria da luz do laser. Já na figura 2, observa-se a modulação, colocando uma frequência de 170 Hz no gerador.

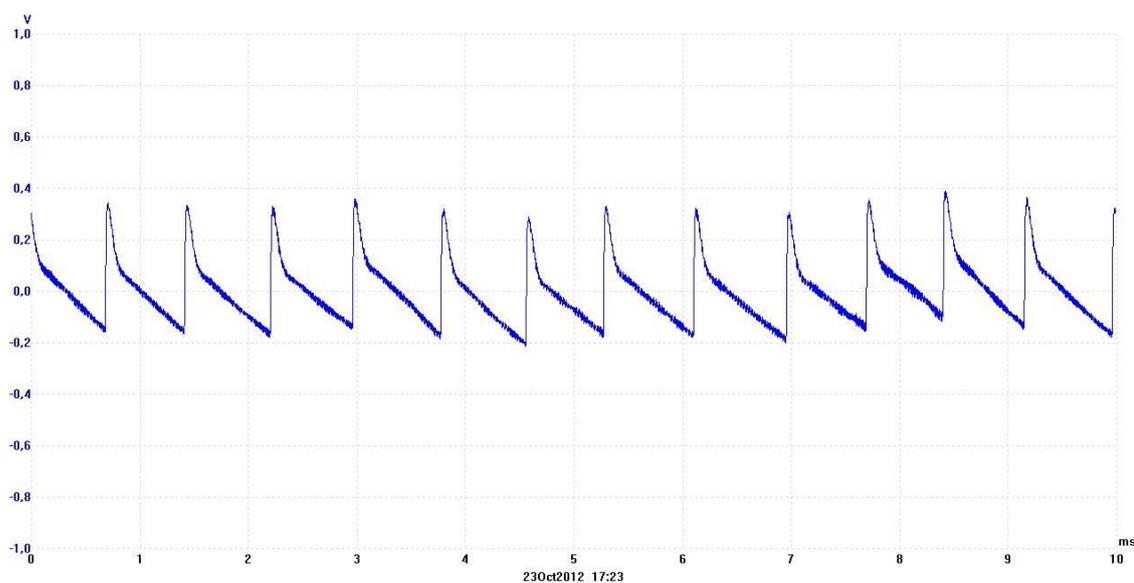


Figura 2: Gráfico da tensão versus tempo da luz do laser

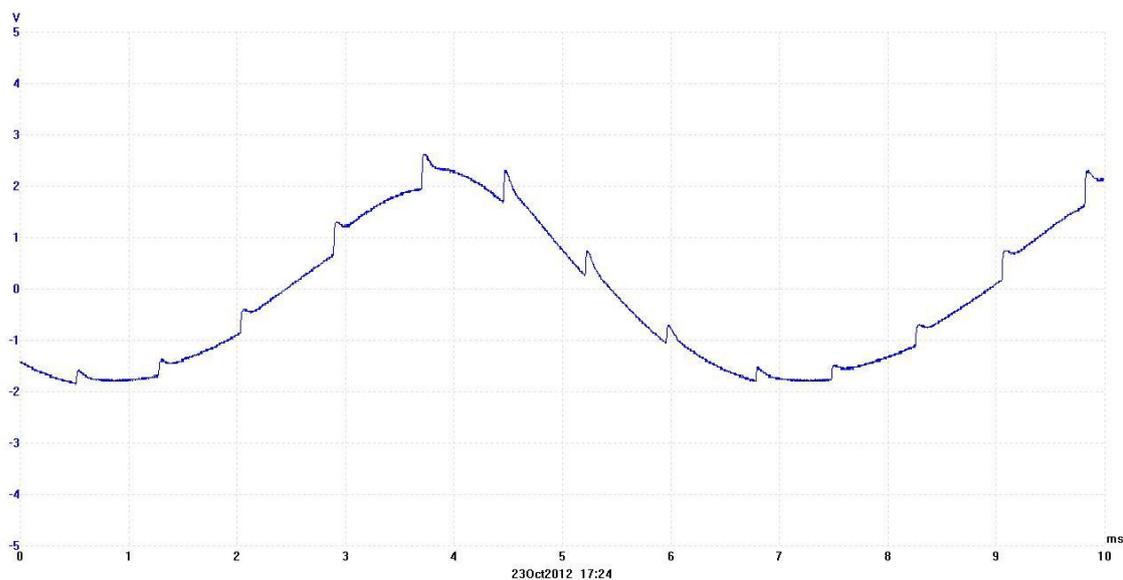


Figura 3: Modulação da luz do laser: selecionando no gerador de funções 170 Hz de frequência.

Este foi o primeiro e principal resultado. Com ele, confirmamos a hipótese de que é possível fazer a modulação pelo espelho.

Trocamos o gerador de funções pelo aparelho MP3. Conectando uma caixa de som na saída do detector eletrônico, ouvimos a música e um ruído correspondente ao laser. Fazemos alguns reparos na montagem e minimizamos o ruído (apesar de não ter desaparecido por completo).

O trabalho seguinte foi com relação à fibra óptica. Com cuidado alinhamos o laser de modo a entrar na fibra e sair no detector, utilizando para isso lentes objetivas. Finalizada a seqüência de testes, passamos para a versão definitiva do experimento, obtendo sucesso na transmissão da música através do laser. Um computador faz as duas tarefas (mostrar a onda no osciloscópio e tocar a música).

4. Fotos e montagem experimental

Os materiais utilizados foram:

- Laser de canetinha apoiado em suporte de vidro
- Mesa suporte com furos para parafusar
- Um espelho com lâmina de ouro em suporte ajustável
- Um auto-falante preso ao suporte ajustável
- Um pedaço de espelho com 1 cm x 1 cm
- Cabos elétricos
- Detector eletrônico
- Suporte ajustável nas três coordenadas
- Duas lentes objetivas
- Um pedaço de fibra óptica (multimodo) de aproximadamente 10 cm de comprimento.
- Dois ímãs pequenos
- Um osciloscópio para computador PicoScope
- Um notebook
- Um aparelho MP3

O primeiro elemento obtido para o experimento foi o laser. A ideia inicial era utilizar LED branco, mas o teste falhou. Passamos então a utilizar o laser de He-Ne, e na seqüência mudamos para um laser de canetinha, que foi colocado em um suporte de vidro. Este laser funciona ligando-o na tomada.

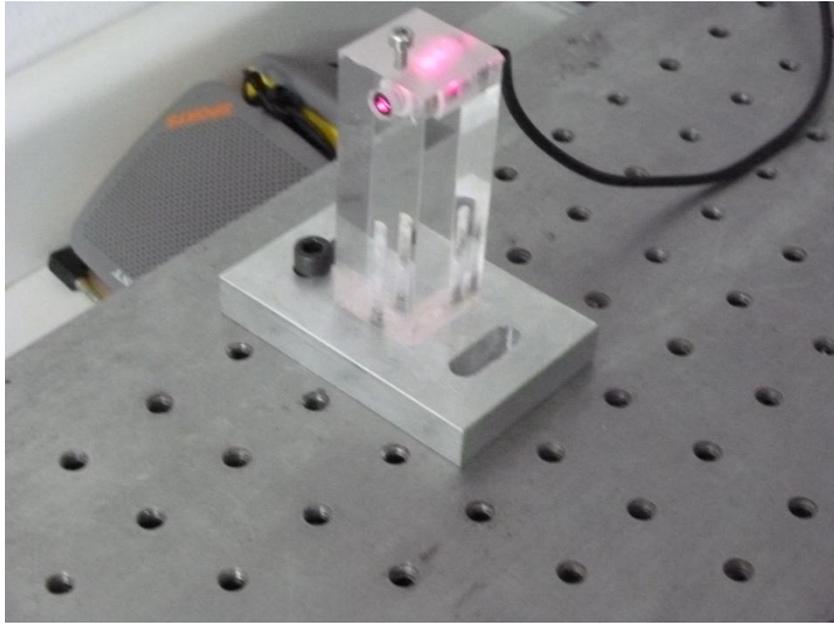


Figura 4: Laser de canetinha em suporte utilizado no experimento

A luz proveniente desse laser encontra primeiramente um espelho com folha de ouro, responsável por refleti-lo em direção ao auto-falante com espelho.



Figura 5: Espelho fixo e ajustado.

Refletido por este espelho, a luz segue seu caminho incidindo aproximadamente no centro do espelho colado ao auto-falante. Os ajustes de ângulo, altura e posicionamento dos espelhos foram cuidadosamente manipulados.

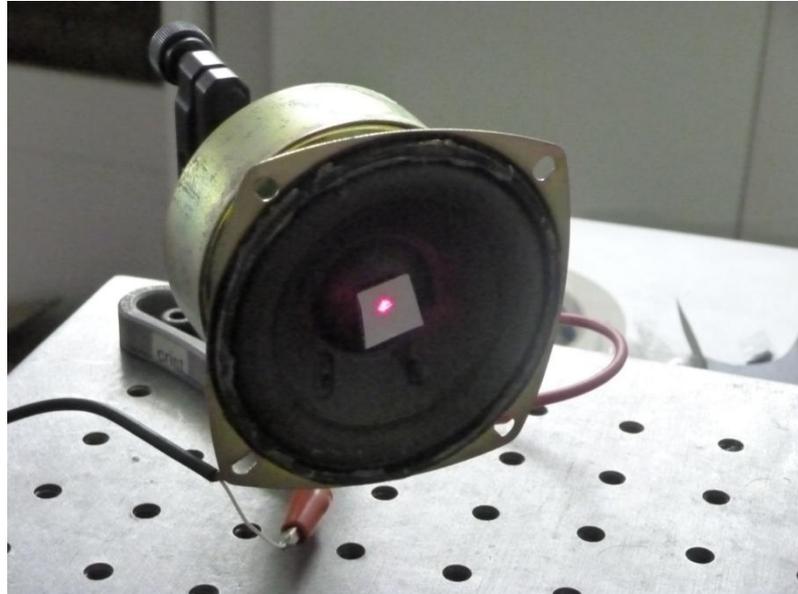


Figura 6: Auto-falante com espelho colado em seu centro.

O próximo destino do laser refletido é para dentro da fibra óptica. Foi utilizado um suporte com ajustes de altura, largura e comprimento, para que a fibra pudesse ser manipulada e o feixe incidisse exatamente no centro da fibra. Utilizamos um clivador de fibra óptica para clivar suas pontas e dois suportes, no qual a fibra é presa por meio de ímãs.

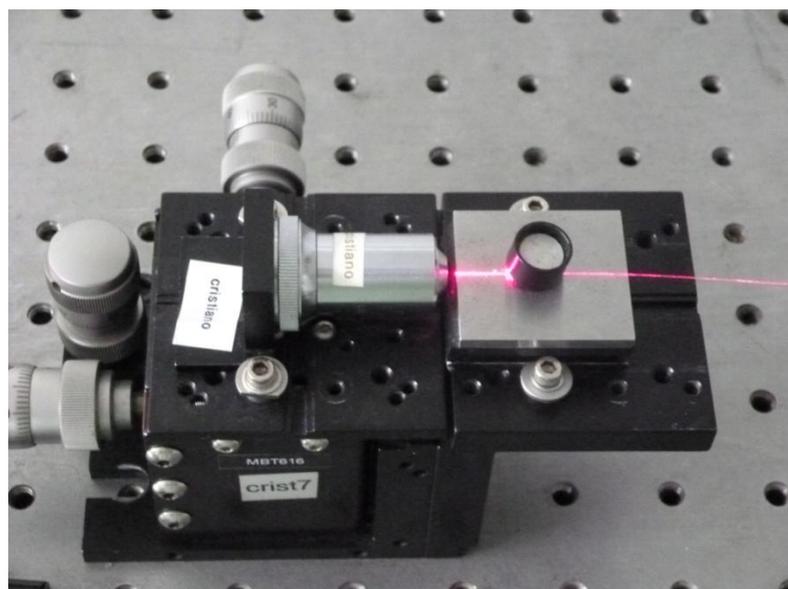


Figura 7: Suporte com ajuste nas três coordenadas (preto) e seus parafusos, lente objetiva (ao centro) fazendo o feixe convergir para dentro da fibra óptica e pequeno ímã preso ao suporte.

Finalizando o caminho óptico, o laser incide em mais uma lente, mas agora para divergir e aumentar seu campo de iluminação, antes de chegar ao detector eletrônico. Na figura 8 é possível ver esta lente, e na figura 9 o detector em detalhe.



Figura 8: Lente para fazer o campo de iluminação do laser aumentar (divergir).

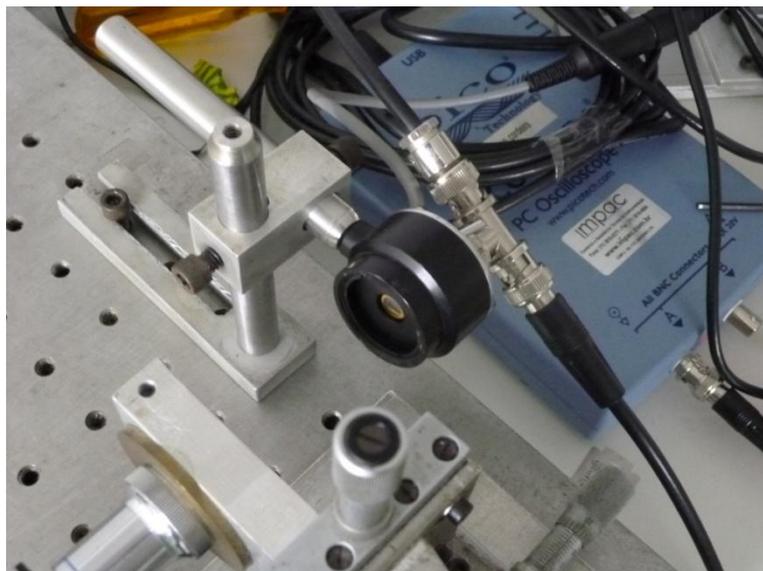


Figura 9: Detector eletrônico. Ele é o responsável por detectar e levar as informações para o computador.

Por último, uma foto da montagem completa. Nas duas figuras abaixo, o experimento por completo (10) e com as luzes apagadas (11), mostrando a beleza da fibra óptica iluminada com o laser em seu interior.

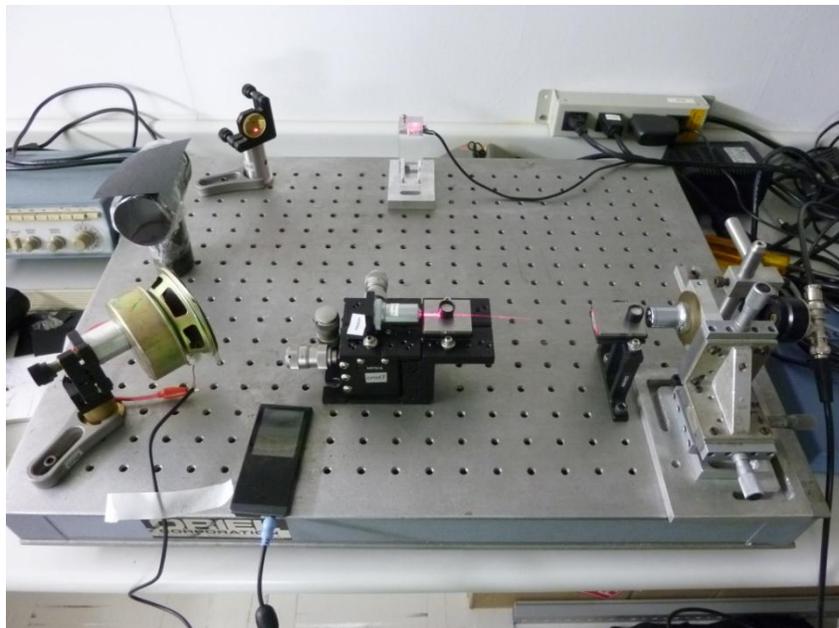


Figura 10: Experimento por completo, mostrando todos os componentes

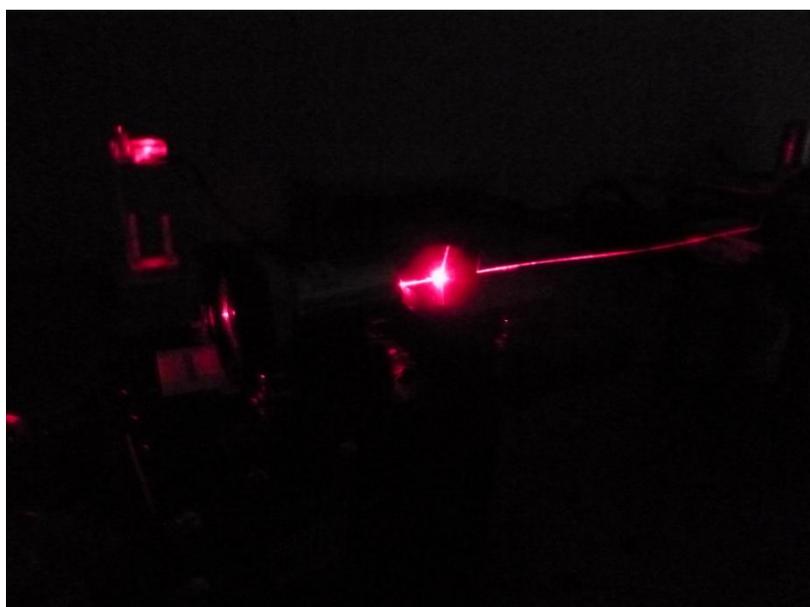


Figura 11: Apagando-se todas as luzes, observa-se uma imagem muito bonita e interessante.

Após a apresentação do experimento, os equipamentos foram devolvidos ao orientador e foi necessária a construção de um modelo mais simples, mas que também apresentasse o mesmo resultado: a transmissão de música via laser. Os materiais utilizados foram:

- Suporte de madeira de aproximadamente 30 cm x 35 cm

- Laser de canetinha com fonte acoplada

- Detector eletrônico contendo um resistor de 220 ohms, duas pilhas tipo “AA” (1,5 V cada), um capacitor de 10 uF, um fototransistor e um conector para cabos “P1”.

- Um aparelho MP3

- Um auto-falante com espelho acoplado no centro

- Caixa amplificadora de som

- Fita adesiva, super-bonder e cola quente

- Copo plástico para suportar o auto-falante

O único equipamento que foi utilizado da primeira montagem foi o auto-falante com espelho. Do resto, todos os componentes foram coletados novamente, com a ajuda do professor Lunazzi (forneceu o laser) e de Claudemir, da oficina eletrônica (ajudou com a construção do detector). A imagem deste experimento em versão simples está abaixo, na figura 12.



Figura 12: Experimento em versão simples, com componentes caseiros.

O laser foi substituído por outro, também de canetinha, com uma fonte acoplada (caixa branca e preta da foto). O auto-falante foi colado ao suporte de madeira por meio de um copo plástico e de cola-quente. Também foram utilizados cola “Super-bonder” e fita adesiva. O detector foi construído conforme a figura 13, com referência de outro projeto da mesma disciplina (7). O diodo mostrado na figura é na verdade um fototransistor, já que o teste com fotodiodo falhou.

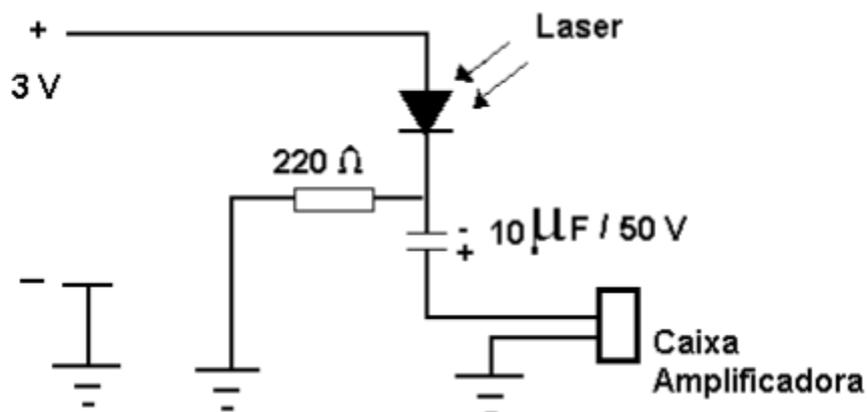


Figura 13: Detector utilizado na montagem simples: o teste com fotodiodo falhou, e no lugar foi utilizado um fototransistor.

4. As dificuldades encontradas

A construção do experimento não foi fácil. Dificuldades apareceram ao longo da montagem. A primeira foi entender a ideia que o orientador passou sobre a realização do experimento. Alguns conceitos de modulação, de ondulatória e de física em geral não estavam claros para mim, então procurei estudar novamente estes conceitos para entender claramente o que se passava. O mais difícil, porém, foi fazer o alinhamento do feixe do laser, uma tarefa muito delicada e que levou um bom tempo para ficar do jeito certo. Foi necessária uma técnica de ajuste dos espelhos, para que a luz do laser seguisse em trajetória retilínea.

Conseguimos colocar em prática uma ideia muito interessante, mas na montagem final do experimento essa ideia ficou sem espaço. Foi feito de maneira bem caseira um tubo e colocado um filme PVC (de cozinha) esticado em uma das bordas. Na outra, quando a pessoa falava, era possível ouvir o som na segunda caixa de som. Esse tubo fazia o papel do auto-falante com o espelho, mas o interessante é que funciona como um microfone. O problema foi inserir o tubo na montagem. Esta é uma dica de como melhorar o experimento, que eu mesmo gostaria de ter tempo para resolver este enigma.

5. Funcionamento do experimento

Resumindo, o funcionamento do experimento é o seguinte: Um laser de canetinha faz sua luz incidir em um espelho. A disposição do espelho e do laser faz com que a reflexão da luz continue sua trajetória até incidir em outro espelho, este colado a um auto-falante pequeno, que vibra para frente e para trás, emitindo informações. Ocorre aqui a modulação, já que o sinal óptico (laser) recebe informações do auto-falante que é ligado a um aparelho MP3. Estas informações superpostas seguem o caminho óptico, agora entrando em uma fibra óptica, onde ocorrem sucessivas reflexões internas, de modo que a luz é guiada pelo caminho descrito pela fibra. É o chamado efeito de reflexão interna total. Observa-se que em momento algum o laser “escapa” da fibra, tendo seu destino final um detector eletrônico, capaz de transformar o sinal recebido em som, para que possamos ouvir as informações que viajam através do laser.

6. Pesquisa realizada

Procurando-se por informações sobre o laser, os sites encontrados que melhor explicam suas características no geral são:

(1) <http://pt.wikipedia.org/wiki/Laser>

(2) <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num2/a02.pdf>

Em ambos os sites, totalmente confiáveis, há explicações da utilização do laser, suas aplicações, seus diversos tipos, etc.

Para as informações sobre a modulação temos:

(3) [http://pt.wikipedia.org/wiki/Modulação](http://pt.wikipedia.org/wiki/Modula%C3%A7%C3%A3o)

(4) <http://www.cic.unb.br/~lamar/te060/Apostila/Capitulo2.pdf>

E para fibras ópticas, os sites pesquisados foram:

(5) [http://pt.wikipedia.org/wiki/Fibra_óptica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica)

(6) http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/junho2007/ju361pag11.html

Para a construção do detector, a pesquisa realizada foi com base em outro da mesma disciplina (F609), abaixo está o endereço eletrônico.

(7) http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2006/CristianR_MarcosCesar_F609_RF2.pdf

7. Considerações didáticas

Este experimento explora as seguintes áreas da física: óptica, acústica e ondulatória. Podemos demonstrar com ele como funciona a modulação, a reflexão de luz laser, o funcionamento da fibra óptica, das lentes e também o fenômeno da reflexão interna total na fibra. Com o osciloscópio mostrando a forma da onda correspondente ao sinal detectado, é possível fazer um ensino sobre ondas.

8. Comentários do orientador

“Guilherme desenvolveu parte inicial do trabalho com bons resultados demonstrando os principais conceitos envolvidos no projeto

como a modulação do sinal luminoso com um altofalante. Tal modulação ocorreu primeiramente com um gerador de funções e depois com sinal elétrico proveniente de um tocador do tipo "MP3". Parte mais interessante envolvia modular usar a própria voz do operador para modular a luz utilizando uma membrana e tubo. Resultados preliminares animadores foram obtidos mas não foram explorados de maneira mais aprofundada.

Possibilidade de mostrar o guiamento da luz modulado por diversos tipos de guias de onda foi apenas iniciado e pouco explorado.

De maneira geral considero o desenvolvimento do projeto "bom".

Cristiano Cordeiro, 06/dezembro/2012"

9. Anexos

Mais informações sobre lasers:

<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num2/a02.pdf>

Mais informações sobre modulação:

<http://www.cic.unb.br/~lamar/te060/Apostila/Capitulo2.pdf>

Mais informações sobre a fibra óptica:

http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/junho2007/ju361pag11.html