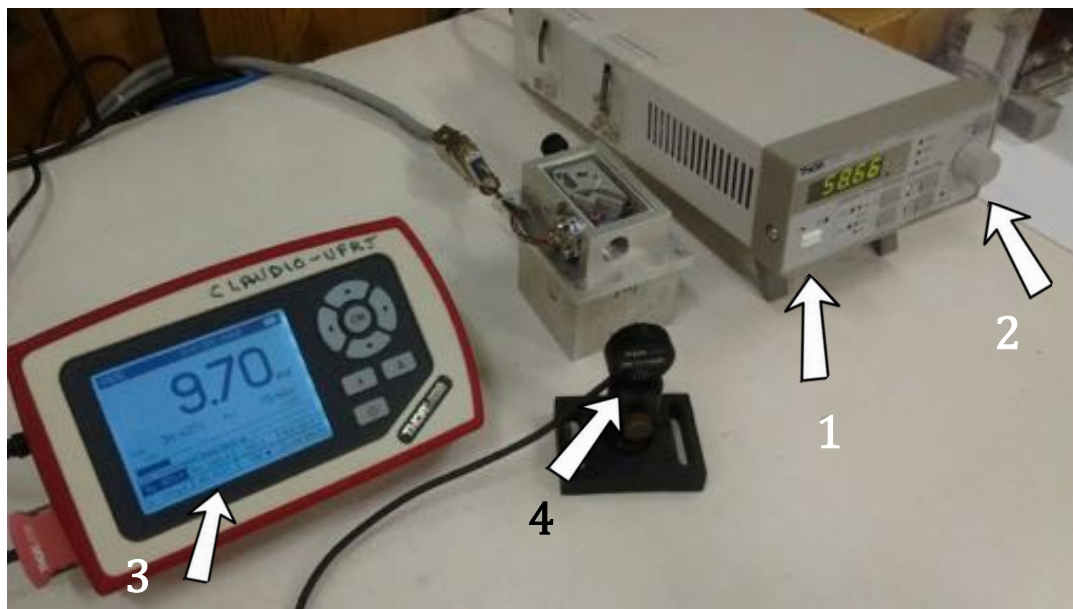


Guia experimental – Laser de Diodo e Fabry-Perot

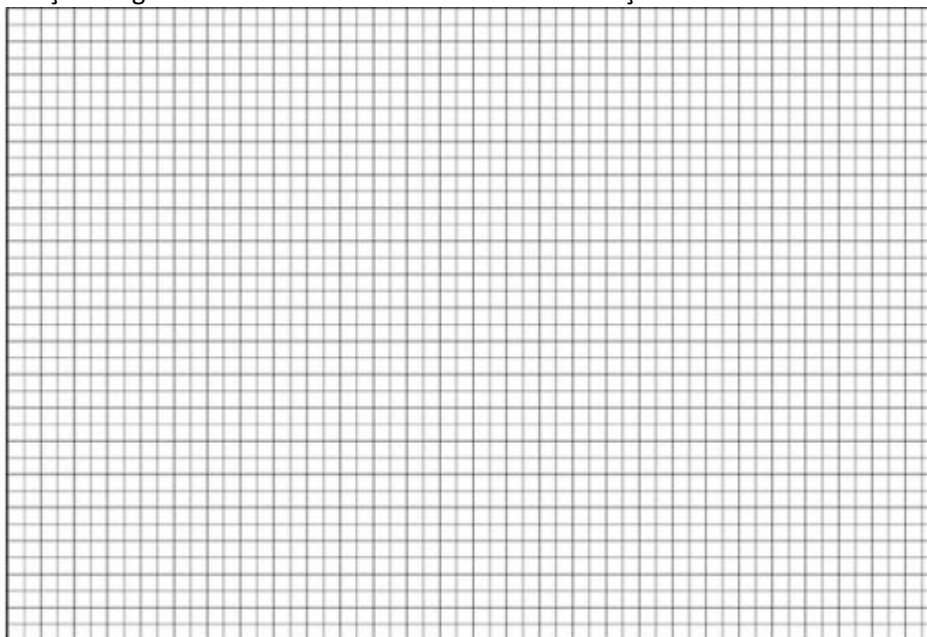
Cláudio Lenz Cesar, Álvaro Oliveira e Rodrigo Sacramento / Instituto de Física - UFRJ

Parte 1: Laser de Diodo: curva Potência x Corrente ($P \times I$) (4-6 alunos por vez)

- 1.1. Para ligar a aparelhagem, deve-se: ligar a extensão na tomada; ligar o controlador do laser de diodo (1); girar o botão de precisão (2) até a corrente desejada (\sim _____ (50) mA, acima do limiar laser).

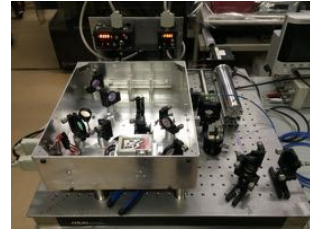
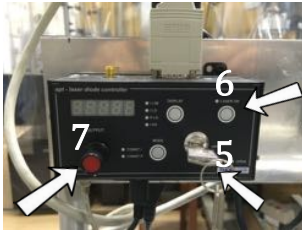


- 1.2. Ligar o medidor de potência (3) e alinhar o sensor (4) no feixe de saída do laser. Traçar a curva Potência X Corrente de 0 a ____ (55) mA variando de 5 em 5 mA até o limiar laser e de 1 em 1 mA após o limiar. Traçar o gráfico $P \times I$ abaixo. Verificar a “mudança de fase” devido à emissão estimulada.



Parte 2: Espectroscopia de Fabry-Pérot (4-6 alunos por vez) (vermelho: excluído)

2.1 Para ligar a aparelhagem, deve-se: ligar a extensão na tomada; girar a chave do controlador do laser de diodo (5) em 90° no sentido horário; apertar o botão "LASER ON" (6); girar o botão de precisão (7) até a corrente desejada, de (~ 85 mA , acima do limiar laser, peça ajuda caso o limiar não ocorra).

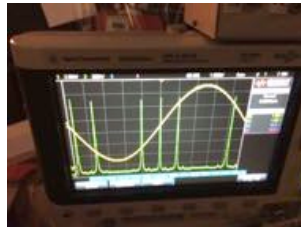
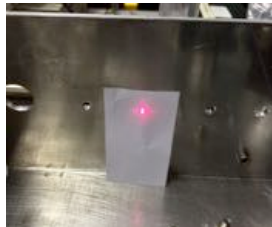
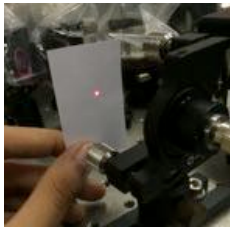


2.2. Observar atentamente o perfil transversal (ou modo transversal) do laser **antes e depois da fibra ótica single-mode**. Para melhor visualização, pode-se colocar um pedaço de papel como nas imagens abaixo. Acompanhar a trajetória do laser saindo da fibra até o fotodiodo, passando pelo Fabry-Pérot, tanto numa frequência de modulação de 100 Hz quanto de mHz (para ver visualmente os modos).

2.3. Observar os dados exibidos no osciloscópio, similares ao da imagem abaixo (à direita). Manipule o alinhamento e observe os modos transmitidos (no osciloscópio e num papel com baixa frequência de modulação) e refletidos.

com "single mode fiber"

sem "single mode fiber"



2.4. Adquirir os dados do osciloscópio (.csv) com um pen drive e realizar (em casa, talvez) a análise com

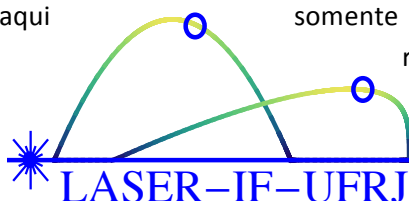
base na expressão $\frac{I_t}{I_0} = \frac{1}{1 + \mathcal{F} \sin^2\left(\frac{2\pi}{\Delta\nu} A \cos(2\pi\nu t + \phi') + \phi\right)}$, sendo $\frac{I_t}{I_0}$ a fração transmitida da

intensidade inicial. O gráfico da tensão pode ser descrito como uma simples senoide. Meça a Finesse no próprio osciloscópio: distância (em tensão) entre os picos sobre a largura a meia altura (em tensão) dos picos. Sabendo que as refletividades dos espelhos são iguais, determine a refletividade dos espelhos à partir da Finesse. Determine a varredura de frequência do laser pela tensão no PZT em GHz/V.

2.5. Desafio*(i): crie um programa em Labview ou Mathematica para ajuste automático dos dados (ver dicas por Julia Veloso no material distribuído).

2.6. Travamento do Laser à cavidade do Fabry-Perot (Lasers e cavidades de Fabry-Perot travados foram a chave para a detecção de ondas gravitacionais no LIGO e são a chave para relógios atômicos óticos e medidas de alta precisão a laser de átomos, moléculas e antihidrogênio no experimento ALPHA no CERN, além de busca por variação de constantes fundamentais e outras áreas). Na caixa de modulação do PZT há um circuito de controle para travamento do laser à cavidade, na "banda lateral". O sinal de erro é obtido subtraindo o sinal de transmissão da cavidade por um valor de tensão de referência (poderia ser por um segundo fotodiodo monitorando a potência do laser, o que seria mais estável – mas aqui

somente fazemos uma prova de princípio). Essa tensão de referência pode ser controlada por um TRIMPOT na



caixa e o sinal de erro verificado no osciloscópio por uma saída BNC. Simplesmente a subtração do sinal de transmissão mostrado na última figura do item 2.3 acima por um valor DC. É fundamental que ele cruze o ZERO. Ou seja, deve-se ajustar a tensão de referencia entre 50% a 80% do valor de pico do sinal de transmissão da cavidade detectado pelo fotodiodo. O circuito de controle possui um integrador que integra esse sinal de erro. Ao flipar a chave na caixa de “Oscilador” para “Travar”, esse sinal de erro integrado é enviado para o amplificador de PZT ao invés do sinal senoidal do oscilador. Se o integrador não estiver no mínimo ou máximo com a fase errada, o laser deve travar. Se não travar, uma pequena variação do OFFSET do amplificador 1 leva a frequência do laser para o lado certo do sinal de erro e o laser trava.

2.6.1. Meça a incerteza no valor do sinal transmitido (tensão RMS - AC) no osciloscópio. $V_{rms}(AC) = \underline{\hspace{2cm}}$. Adquira e salve o sinal para posterior processamento.

2.6.2. Tendo medido a Finesse e sabendo que o Free-Spectral-Range é de 1 GHz (distância entre os espelhos de 15 cm), e tendo o fit da transmissão em função da tensão, você obtém a largura e o ajuste da linha de transmissão do Fabry-Perot e assim pela relação Tensão/Frequência no ponto de travamento deve poder calcular a variação rms da frequência do laser travado a essa cavidade de FP de baixa finesse. Para medidas de alta precisão usa-se o mesmo princípio (usando um outro tipo de sinal de erro: Pound-Drever-Hall ou Hänsch-Cuillaud, p.ex.) mas com cavidades de altíssima Finesse, em vácuo e estabilizadas termicamente e contra vibrações em configuração especial (ver p.ex.: “A sub-40-mHz-linewidth laser based on a silicon single-crystal optical cavity”, T. Kessler, C. Hagemann, C. Grebing, T. Legero, U. Sterr, F. Riehle, M. J. Martin, L. Chen & J. Ye, Nature Photonics 6, 687–692, 2012: doi:10.1038/nphoton.2012.217): $\Delta f_{rms}(\text{short-time}) = \underline{\hspace{2cm}}$. *(ii)

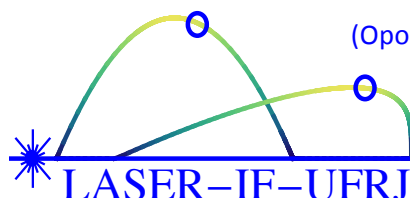
ATENÇÃO: para desligar o equipamento, basta realizar a etapa 2.1 no sentido contrário. No entanto, a corrente precisa ser zerada antes de o botão LASER ON ser apertado; para isto, basta girar o botão de precisão até que o valor mostrado na tela seja 0.

Apoio: Thorlabs – fontes de corrente (Lasers e Peltier), medidor de potência, breadboard & Keysight – osciloscópio.



Equipamento: Laser de Diodo de Cavidade Estendida – projeto e construção no LASER-IF-UFRJ com peças mecânicas manufaturadas na oficina da Equitecs <http://www.equitecs.com.br> (cavidade dos lasers), do CBPF <http://portal.cbpf.br> (peças dos espelhos do FP), e do IF-UFRJ <http://www.if.ufrj.br>. Espelhos do FP comprados da oficina de ótica do IFSC-USP-SC <http://www.ifsc.usp.br>. Caixa Eletrônica do Oscilador, Amplificador de PZT, e Servo-System: projeto e construção no LASER-IF-UFRJ com agradecimento especial ao Hercílio Cordova.

*Desafios: envie suas soluções para lenz@if.ufrj.br, nunes@if.ufrj.br e rlagesacramento@gmail.com



(Oportunidades: Se você se interessa por um bom desafio científico, junte-se a nós fazendo física fundamental com antimatéria, átomos, moléculas, lasers e instrumentação).

