
Diretrizes para a Reformulação das
Disciplinas de Laboratório do Curso
de Bacharelado em Física do IFUSP

Conteúdo

Introdução.....	4
Metodologia de trabalho	5
Proposta final.....	7
Física Experimental I	8
Objetivos gerais.....	8
Conteúdo	8
Física Experimental II e III	10
Objetivos Gerais	11
Conteúdo	11
Física Experimental IV e V.....	13
Objetivos gerais.....	13
Conteúdo	13
Física Experimental VI e VII.....	15
Física Experimental VIII	16
Considerações Finais	17
Apêndice A	18
Lista de habilidades a serem exploradas durante os cursos de laboratório.	18
Apêndice B	20
Estrutura das Disciplinas de Laboratório do Curso de Bacharelado em Física do IFUSP.....	190
Grupo de Trabalho.....	21

Introdução

Este texto é o resultado do trabalho de um grupo de docentes do IFUSP, convidado em março de 2009, pela Comissão de Graduação para discutir as disciplinas experimentais oferecidas ao curso de Bacharelado em Física. O documento tem como objetivo propor um conjunto de diretrizes para a reformulação das disciplinas experimentais do curso de Bacharelado do Instituto de Física da USP. Ele deverá servir de base para todo o processo de elaboração das disciplinas a fim de que estes princípios básicos sejam respeitados na implementação do projeto.

Na opinião deste grupo, todas as atividades programadas para as disciplinas experimentais devem **contribuir para sedimentar nos estudantes as bases da metodologia científica** bem como **apresentar com clareza a importância das atividades experimentais no processo de produção do conhecimento**.

A fim de se atingir esse objetivo, é também consenso que se deve dar ênfase ao desenvolvimento da habilidade de analisar e interpretar quantitativa e rigorosamente as medidas realizadas, com o uso dos princípios da teoria de erros, conhecimento sobre a instrumentação utilizada e de técnicas avançadas de análise de dados, inclusive simulações computacionais, assim como a habilidade de avaliar os resultados obtidos, comparando-os com teorias, modelos e outros experimentos, identificando limitações e propondo aprimoramentos. Todas as atividades devem ser planejadas para estimular o raciocínio e senso crítico, bem como para orientar o desenvolvimento da capacidade de trabalho coletivo dos alunos.

Ademais, este grupo considera que aspectos relacionados à investigação de um problema novo, que necessite o planejamento de experimentos, e relacionados à previsão de novas observações a partir de resultados já obtidos, também são importantes objetivos das atividades experimentais, devendo ser abordados no transcorrer de algumas disciplinas.

Com base nas considerações acima, a proposta formulada por esse grupo consta de, no mínimo, 8 disciplinas de Física Experimental, sendo 7 delas obrigatórias. O formato das disciplinas evolui gradualmente de modo a aumentar a independência do aluno na realização dos experimentos, desde atividades totalmente assistidas, na primeira disciplina, até a total liberdade tanto na escolha do experimento quanto à metodologia investigativa, na disciplina mais avançada.

De modo a deixar a proposta clara, o presente documento foi dividido nos seguintes capítulos: Metodologia de trabalho, que descreve a metodologia utilizada durante as discussões no grupo de trabalho; Proposta final, que resume a proposta formulada por este grupo; Finalmente, algumas considerações são apresentadas, de modo a orientar os órgãos responsáveis por conduzir esse projeto acerca de algumas peculiaridades que podem surgir com a implementação dessa proposta.

Metodologia de trabalho

O grupo iniciou suas atividades definindo uma metodologia de trabalho. Após discussões, as atividades foram divididas nas seguintes etapas:

1. Criação de diretrizes gerais para o curso de Física Experimental.
 - a. Levantamento das habilidades que devem ser exploradas durante o curso.
 - b. Atribuição de pesos relativos a essas habilidades.
2. Estruturação das disciplinas.
 - a. Definição do número de disciplinas e cargas horárias.
 - b. Definição de objetivos gerais e específicos para cada disciplina.
3. Metodologia.
 - a. Definição do número de experimentos sugeridos.
 - b. Definição do formato de aula e atividades.
4. Conteúdo.
 - a. Definição de experimentos para as disciplinas.
5. Redação da proposta final.

Inicialmente o grupo de trabalho estabeleceu diretrizes gerais para o curso completo de Física Experimental. Estas diretrizes foram elaboradas a partir de uma extensa discussão entre os membros do grupo sobre aspectos e habilidades que devem ser explorados especificamente nas disciplinas experimentais que fazem parte da formação de bacharéis no IFUSP. Uma lista com nove tópicos (Apêndice A) foi criada e cada membro do grupo de trabalho atribuiu um peso a cada um deles. O grupo considera que o foco principal do curso de Física Experimental deve ser a compreensão do método científico e o papel da experimentação na ciência. Em peso ligeiramente menor está o desenvolvimento da capacidade de interpretar observações efetuadas através de análises de dados e a confiabilidade dos resultados obtidos. Além disso, o grupo também considera importante confrontar resultados experimentais e previsões teóricas, bem como desenvolver o senso crítico nos estudantes.

Em seguida o grupo de trabalho procurou definir uma estrutura de disciplinas que contemplassem as diretrizes estabelecidas anteriormente. Para isso foi criada uma tabela (Apêndice B) contendo a estrutura das disciplinas de laboratório. Para cada disciplina, além de um nome provisório, estabeleceram-se as seguintes colunas:

- Créditos – Contêm informação acerca do número de créditos (aula + trabalho). A inclusão dos créditos-trabalho tem o objetivo de considerar explicitamente o trabalho do aluno fora de sala de aula, necessário ao desenvolvimento de cada disciplina.
- Objetivos Gerais – Essa coluna estabelece qual seria o foco principal da disciplina. Todos os experimentos devem ser planejados de modo a contemplar esses objetivos.
- Objetivos específicos – Focos secundários a serem explorados. Não é necessário que todos os experimentos propostos na disciplina abordem esses objetivos.

- Ferramentas e conceitos – Essa coluna estabelece quais as ferramentas técnicas/matemáticas que devem ser exploradas durante a disciplina.
- Perspectiva – Essa coluna estabelece os conceitos mínimos que um aluno aprovado deve ter incorporado durante o semestre da disciplina e serve de ponto de partida para a disciplina seguinte.

Em um estágio seguinte o grupo de trabalho, com base na estrutura definida anteriormente, discutiu a metodologia de ensino a ser aplicada em cada disciplina proposta.

Os conteúdos gerais das disciplinas foram discutidos, no entanto o grupo chegou ao consenso de que propostas de experimentos específicos devem ser feitas pelas equipes que desenvolverão cada disciplina.

Com base nos passos descritos acima, o grupo de trabalho concluiu uma proposta de reformulação das disciplinas experimentais para o bacharelado em física, que é apresentada a seguir.

Proposta final

O grupo de trabalho propõe ao Instituto de Física da USP que o currículo de Física Experimental do curso de Bacharelado em Física seja composto de oito disciplinas, sendo sete delas obrigatórias e uma optativa. Essas disciplinas não prejudicam a criação de outros cursos experimentais optativos ou os já existentes. Na tabela I é apresentado um resumo descritivo dessas disciplinas. Os nomes sugeridos são apenas guias para esse documento e podem ser alterados a critério da CG ou COC-Bacharelado.

Tabela I – Resumo das disciplinas propostas pelo grupo de trabalho.

Nome	Semestre	Numero de créditos (aula + trabalho)	Objetivo
Física Experimental I	1	4 + 0	Discutir o papel da experimentação no desenvolvimento da física
Física Experimental II	2	4 + 2	Tratamento formal de dados experimentais
Física Experimental III	3	4 + 2	Tratamento formal de dados experimentais
Física Experimental IV	4	4 + 2	Entendimento pleno e planejamento rigoroso de experimentos
Física Experimental V	5	4 + 2	Entendimento pleno e planejamento rigoroso de experimentos
Física Experimental VI	6	4 + 2	Consolidação da independência em um laboratório
Física Experimental VII	7	4 + 2	Consolidação da independência em um laboratório
Física Experimental VIII	8 (optativa)	4 + 2	Especialização

Física Experimental I

A disciplina de Física Experimental I tem como principal objetivo mostrar ao aluno ingressante o papel da experimentação no desenvolvimento da Ciência, bem como construir as bases necessárias para a compreensão do método científico. É um curso de 4 créditos aula com atividades realizadas principalmente em sala de aula.

O objetivo desse curso é fazer com que o aluno compreenda a importância de uma medida física; o processo de realização de uma medida como forma de obter informação acerca de um fenômeno físico.

Recomenda-se que a disciplina não possua mais do que quatro experimentos, cada um deles ocupando um intervalo de tempo de aproximadamente um mês de aula. Esses experimentos devem ser planejados de forma a explorar sistematicamente um fenômeno físico interessante sem a exigência excessiva de métodos estatísticos e matemáticos para análise de dados. Deve-se focar na natureza de uma medida experimental e a sua implicação para a geração de conhecimento e não nos aspectos formais de tratamento de dados.

O aluno é avaliado por sínteses semanais acerca das atividades realizadas em aula e por uma síntese final de cada experimento, na qual será feita uma avaliação global das atividades realizadas no período. A frequência será atribuída pela participação do estudante na tomada de dados e apresentação das sínteses no final de cada aula e ao final do experimento.

Objetivos gerais

Introduzir as bases da metodologia científica através de experimentos simples:

1. Desenvolvimento do conceito físico de medida,
2. Aprendizado de técnicas para a realização de medidas científicas, tratamento e apresentação dos resultados,
3. Desenvolvimento de espírito crítico,
4. Desenvolvimento da capacidade de leitura e redação de textos científicos,
5. Noções de segurança em laboratórios.

Conteúdo

Através da realização de experimentos de execução simples, desenvolver habilidades para:

- praticar tomadas de dados cuidadosas e sistemáticas;
- identificar a existência e quantificar incertezas experimentais;
- desenvolver a análise crítica do conjunto de dados.

Para o tratamento de dados, introduzir formalmente os conceitos de:

- medidas diretas e indiretas;

- noções de incertezas instrumentais e o seu efeito sobre a conclusão de uma análise;
- noções de análises gráficas simples.

Para a análise, síntese e apresentação dos resultados:

- sistematizar a apresentação e análise dos dados através de tabelas e gráficos;
- introduzir ferramentas computacionais para tratamento de dados, gráficos e redação de textos;
- criticar discrepâncias encontradas, levando em conta limitações experimentais e teóricas envolvidas na obtenção dos resultados;
- elaborar a síntese do experimento, selecionando adequadamente as informações obtidas.

Física Experimental II e III

Para Física Experimental II e III, deve ser adotada uma postura onde a compreensão física e a percepção intuitiva dos conceitos de medida e sua incerteza sejam enfatizadas. É proposto que cada um desses cursos tenha 4 créditos aula e 2 créditos trabalho.

Na disciplina Física Experimental II, para uma melhor incorporação das boas práticas experimentais e amadurecimento científico do aluno, a tomada e análise dos dados experimentais deve ser realizada durante as aulas, sob supervisão constante do docente. O número de experiências deve ser compatível com o tempo disponível em sala de aula, prevendo-se tempos adequados para a tomada de dados, a sua análise e atividades complementares.

Na disciplina Física Experimental III, recomenda-se que o formato adotado para a disciplina seja do laboratório aberto, ou seja, os alunos têm uma aula formal, de duas horas, no início da semana, onde são discutidos objetivos, métodos e análises anteriores. Neste formato, os alunos têm os laboratórios à disposição durante a semana para fazer as medições propostas, através de reserva antecipada.

Recomenda-se que o número de experimentos em cada disciplina não seja superior a quatro.

Em cada disciplina será escolhido um conjunto de experiências em temas diversificados, que permitam inicialmente medidas diretas de grandezas fundamentais da física e possam também explorar métodos indiretos de medidas de grandezas fundamentais e derivadas. Estas atividades devem visar uma apresentação geral do universo da física experimental.

O aluno é avaliado pelas sínteses, relatório e prova. A frequência será atribuída pela participação do estudante na tomada de dados e apresentação da folha de dados e das sínteses no final de cada experimento. Será atribuída uma nota para a síntese de cada experimento.

Durante o semestre o aluno deverá elaborar um único relatório contemplando todo o conteúdo desenvolvido no semestre. Este relatório será individual e versará sobre uma das experiências propostas pelo professor e sorteada pelo aluno. Para finalizar, haverá uma prova sobre o conteúdo da disciplina.

Grupos de 2 alunos devem desenvolver um experimento eletivo, que será realizado e analisado no final do semestre, com o acompanhamento do docente responsável pela turma.

Objetivos Gerais

Introduzir as bases da metodologia científica através de experimentos simples:

1. Desenvolvimento do conceito físico de medida.
2. Aprendizado de técnicas para a realização de medidas científicas, tratamento e apresentação dos resultados.
3. Introdução à teoria de probabilidades e sua aplicação no tratamento de dados experimentais.
4. Desenvolvimento de espírito crítico na confrontação de modelos teóricos e resultados experimentais.
5. Desenvolvimento da capacidade de leitura e redação de textos científicos.
6. Desenvolvimento da habilidade de aplicar conhecimentos adquiridos em novas situações.

Conteúdo

Através da realização de experimentos de execução simples, desenvolver habilidades para:

- praticar tomadas de dados cuidadosas e sistemáticas;
- identificar a existência e quantificar incertezas experimentais;
- desenvolver a análise crítica do conjunto de dados.

Para o tratamento de dados, introduzir formalmente os conceitos de:

- medidas diretas e indiretas;
- valor médio;
- variância amostral;
- incerteza instrumental;
- média ponderada;
- propagação de incertezas;
- distribuições estatísticas: binomial, Gaussiana e Poisson;
- método dos mínimos quadrados.

Para a análise, síntese e apresentação dos resultados:

- sistematizar a apresentação e análise dos dados através de tabelas gráficos e histogramas;
- continuar estimulando a utilização do computador para a organização e análise de dados. Pode-se ampliar a utilização do computador, estimulando a utilização de simulações na descrição e previsão dos resultados;
- obter da compilação dos dados as informações sobre o experimento e sobre o fenômeno físico em questão;
- realizar comparações de resultados obtidos por diferentes metodologias;
- criticar discrepâncias encontradas, levando em conta limitações experimentais e teóricas envolvidas na obtenção dos resultados;

- elaborar a síntese do experimento, selecionando adequadamente as informações obtidas

Física Experimental IV e V

Nas disciplinas Física Experimental IV e V o formato adotado será do laboratório aberto, ou seja, os alunos têm uma aula formal, de duas horas, no início da semana, onde são discutidos objetivos, métodos e análises anteriores, e os alunos têm os laboratórios à disposição durante a semana para fazer as medições propostas, através de reserva antecipada.

Este curso deve estimular o amadurecimento e independência dos alunos dentro de um laboratório científico. A disciplina deverá possuir no máximo quatro experimentos de complexidade avançada onde o tempo médio de duração de um experimento seja de um mês. Os resultados experimentais só serão obtidos através de uma análise sistemática e complexa de vários conjuntos de dados, obtidos ao longo das várias semanas do experimento. Devemos focar na idéia que experimentos “não dão errado” e sim que, muitas vezes, a Natureza é demasiadamente complexa e as ferramentas que temos à disposição (experimentais e teóricas) podem ser limitadas para o seu entendimento por completo. Devemos introduzir os alunos à automatização de experimentos e simulações numéricas.

A temática principal dos experimentos deverá ser eletromagnetismo, óptica e fenômenos de física moderna.

O aluno é avaliado por sínteses, relatórios e apresentações orais acerca dos experimentos realizados.

Objetivos gerais

1. Explorar técnicas avançadas para realização de medidas.
2. Noções de automatização de experimentos.
3. Realizar simulações de modo a planejar experimentos e entender resultados experimentais.
4. Saber resolver ambiguidades experimentais. Identificar e saber tratar dados correlacionados (covariância).
5. Explorar fenômenos físicos complexos, nos quais previsões teóricas se mostram insuficientes para o entendimento completo do problema.
6. Divulgar resultados através de textos compactos, como artigos científicos.
7. Confrontar resultados e debater experimentos através de apresentações orais.

Conteúdo

Através da realização de experimentos complexos, que requerem a realização sistemática de medidas experimentais e suas correlações:

- praticar tomadas de dados cuidadosas e sistemáticas;

- automatizar os experimentos;
- correlacionar conjuntos de dados independentes de forma a extrair uma interpretação física mais complexa;
- desenvolver a análise crítica do conjunto de dados.

Para o tratamento de dados, introduzir formalmente os conceitos de:

- simulações experimentais, método de Monte Carlo;
- ajustes de funções genéricas e não lineares. Método de mínimo quadrado e de máxima verossimilhança;
- análise de dados correlacionados (covariância);
- propagação de incertezas com covariância entre parâmetros;
- extrapolação de curvas;
- tratamento de grandes volumes de dados;
- incertezas sistemáticas de medidas.

Para a análise, síntese e apresentação dos resultados:

- elaborar sínteses de experimentos, selecionando adequadamente as informações obtidas e correlacionando-as com medidas previamente realizadas;
- elaborar apresentações orais de resultados experimentais.

Física Experimental VI e VII

Em Física Experimental VI e VII serão realizados experimentos de Física Moderna e Contemporânea.

Os objetivos gerais das disciplinas de Física Experimental VI e VII são:

- Consolidar a independência do aluno do ponto de vista experimental e científico.
- Introduzir experimentos de física contemporânea de modo a ampliar seus horizontes e dar-lhe uma visão mais ampla do que se pesquisa em física.
- E, ainda, os objetivos gerais propostos para Física Experimental IV e V, continuam válidos aqui:
 - explorar técnicas avançadas para realização de medidas;
 - realizar simulações de modo a planejar experimentos e entender resultados experimentais;
 - saber resolver ambigüidades experimentais. Identificar e saber tratar dados correlacionados (covariância);
 - explorar fenômenos físicos complexos, nos quais previsões teóricas se mostram insuficientes para o entendimento completo do problema;
 - divulgar resultados através de textos compactos, como artigos científicos;
 - confrontar resultados e debater experimentos através de apresentações orais.

Para que esses objetivos sejam alcançados é importante que a sala de experiências seja mantida permanentemente à disposição dos alunos para a realização de medidas de maneira autônoma. O papel do professor nessas disciplinas seria mais de orientação, permitindo que os alunos realizem os experimentos de maneira mais independente possível.

O critério de avaliação deve levar em conta as sínteses semanais e um relatório final em formato de artigo científico e/ou pôster e/ou uma apresentação oral. A idéia é que a avaliação sirva também para auxiliá-lo na sua vida profissional futura, em que a capacidade de organização e apresentação de idéias e trabalhos se fará cada vez mais necessária.

Física Experimental VIII

A disciplina consta de uma lista de experimentos propostos em Física Contemporânea, se possível com o uso de laboratórios de pesquisa do IFUSP para seu desenvolvimento. Laboratórios de outras unidades também poderiam ser considerados, quando necessário. Quanto maior a lista de experimentos e laboratórios, menor seria a carga que cada um deles teria que oferecer à disciplina. Como essa é uma disciplina a ser realizada no final do bacharelado, espera-se que a maioria dos alunos esteja (ou já esteve) engajada em iniciação científica. Seria interessante, por conta disso, que um dos experimentos fosse proposto pelo próprio grupo.

No total seriam realizados três experimentos. Os dois primeiros seriam escolhidos da lista de opções e o terceiro seria proposto pelos alunos. Não deverão haver aulas formais, a menos da primeira e última semana de cada experimento, no qual os experimentos são propostos e os resultados finais são discutidos. Contudo, o professor deverá estar à disposição para discutir individualmente com os grupos o andamento do experimento. O formato de realização do experimento deve ser livre. Para isso é necessário que os laboratórios didáticos a serem utilizados na disciplina estejam disponíveis durante toda a semana através de reserva antecipada, realizada pelos alunos. O uso de laboratórios de pesquisa deverá ser devidamente combinado com os responsáveis. No final de cada experimento o grupo deve entregar um relatório em formato de artigo científico para avaliação.

Considerações Finais

Apesar desta proposta focar nos objetivos e conteúdos para um conjunto completo de disciplinas experimentais para o Curso de Bacharelado em Física, o grupo de trabalho tem consciência que muitas mudanças físicas são necessárias para a sua execução. A implementação de uma proposta como esta requer, além de equipes engajadas, um compromisso institucional tanto no reconhecimento do trabalho das equipes quanto na obtenção dos meios materiais necessários a sua execução. A equipe técnica dos Laboratórios Didáticos do IFUSP deve também ser envolvida no processo de mudança proposto, pois novas atitudes e nova organização interna serão necessários neste processo. Além disso, o compromisso com a mudança deve ser com o conjunto completo das disciplinas já que o encadeamento de objetivos é a espinha dorsal da proposta.

Apêndice A

Lista de habilidades a serem exploradas durante os cursos de laboratório.

A lista abaixo corresponde aos tópicos que deveriam ser explorados durante os cursos de laboratório. Cada membro do grupo de trabalho pode atribuir um peso entre 0 e 10, sendo 0 o valor menos significativo.

1. Compreensão do método científico moderno e entendimento do papel da experimentação no desenvolvimento de conhecimento.
2. Capacidade de interpretar as observações efetuadas através de cálculos, análises, simulações e comparações com teorias e/ou outros experimentos.
3. Capacidade de avaliar a confiabilidade dos resultados e conclusões obtidas através da estimativa das incertezas envolvidas, sejam elas de origem teóricas ou experimentais.
4. Capacidade de confrontar experimento com teoria, identificar suas limitações e formas de aprimorá-las.
5. Capacidade de planejar novos experimentos, tendo como ponto de partida um problema a ser investigado.
6. Capacidade de fazer previsões sobre novos fenômenos, com base em resultados previamente obtidos.
7. Desenvolver habilidades que permitam o trabalho em grupo, divisão de tarefas e organização da atividades.
8. Desenvolver o senso crítico, essencial para um profissional na área de física.
9. O laboratório deve ajudar os estudantes a entender os conceitos básicos de física.

As notas atribuídas são mostradas abaixo:

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Media	10	9,6	9	8,1	6,5	5,9	6,1	8,6	6,2
	10	10	10	10	8	8	5	10	8
	10	10	10	9	7	6	6	9	8
	10	10	7	7	4	4	7	7	1
	10	10	8	8	8	7	7	10	10
	10	10	9	8	6	5	6	9	5
	10	9	10	8	4	4	2	8	4
	10	9	9	7	7	5	7	7	5
	10	9	9	8	8	8	9	9	9

Apêndice B

Estrutura das Disciplinas de Laboratório do Curso de Bacharelado em Física do IFUSP

Disciplina (nome temporário)	Créditos aula + trabalho	Objetivos Gerais	Objetivos específicos	Ferramentas e conceitos	Perspectiva
Física Experimental I	4+0	Discutir o papel da experimentação no desenvolvimento da física	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compreender a natureza de uma medida física: adquirir noções de incerteza 2. Identificar parâmetros importantes de uma medida experimental 	Gráficos, acurácia, flutuação	<p>Adquirir a noção de medida e incerteza</p> <p>Ser capaz de expressar o resultado de uma medida com sua incerteza</p>
Física Experimental II	4+2	Tratamento formal de dados experimentais	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudo de sistemas de partícula única 2. Teoria de Erros 	Média, desvio padrão, precisão, propagação de erros, distribuições de probabilidade	Estimar incertezas e avaliar o resultado de uma medida de maneira formal
Física Experimental III	4+2	Tratamento formal de dados experimentais	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudo de sistemas de muitos corpos 2. Comparação com modelos teóricos 3. Influência do arranjo experimental 	Ajustes de funções, resíduos, testes de significância	Comparar o resultado de um experimento com uma previsão teórica (modelo) de maneira formal
Física Experimental IV	4+2	Entendimento pleno e planejamento rigoroso de experimentos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudo de sistemas contínuos 2. Simulações 3. Modelos 	Método de Monte Carlo	Avaliar a confiabilidade de medidas e de previsões
Física Experimental V	4+2	Entendimento pleno e planejamento rigoroso de experimentos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudo de sistemas contínuos 2. Simulações 3. Modelos 	Método de Monte Carlo	Avaliar a confiabilidade de medidas e de previsões
Física Experimental VI	4+2	Consolidação da independência em um laboratório	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudo de sistemas quânticos (onda-partícula) 	Todos acima	Chegar a um resultado experimental "publicável"
Física Experimental VII	4+2	Consolidação da independência em um laboratório	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudo de sistemas quânticos (onda-partícula) 	Todos acima	Chegar a um resultado experimental "publicável"
Física Experimental VIII (optativa)	4+2	Especialização	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudo de sistemas quânticos avançados 	Todos acima	Chegar a um resultado experimental "publicável"

Grupo de Trabalho

Alexandre Alarcon do Passo Suaide

Antonio Domingues dos Santos

Elisabeth Mateus Yoshimura

Eloisa Madeira Szanto

José Roberto Brandão de Oliveira

Marcelo Gameiro Munhoz

Nelson Carlin Filho

Nilberto Heder Medina

Paulo Reginaldo Pascholati

Paulo Roberto Costa

Valmir Antonio Chitta