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

COC-Bacharelado - 2010

Conteúdo

Introdução.....	3
Proposta.....	5
Física Experimental I	6
Objetivos gerais.....	6
Conteúdo	6
Física Experimental II e III	7
Objetivos Gerais	8
Conteúdo	8
Física Experimental IV e V.....	9
Objetivos gerais.....	9
Conteúdo	9
Física Experimental VI	10
Apêndice A - Resumo Proposto da Estrutura das Disciplinas de Laboratório do Curso de Bacharelado em Física do IFUSP	12

Introdução

Esse texto corresponde à proposta criada pelo grupo de trabalho formado pela Comissão de Graduação em 2009¹, adaptado à atual grade curricular do curso de Bacharelado em Física do IFUSP, de modo a não serem necessárias alterações formais na grade curricular e ementa das disciplinas de laboratório didático.

Na opinião do grupo de trabalho criado pela GC, 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 COC-B acredita que essa deva ser a filosofia básica de um curso de física experimental e, por conta disso, toma essa proposta como modelo para modificação de disciplinas experimentais do Bacharelado em Física do IFUSP.

A fim de se atingir esse objetivo, deve-se 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. A implementação dessa proposta implicaria em mudanças significativas da grade curricular que, sem uma reformulação geral do curso de Bacharelado em Física, é inviável na prática. Nesse sentido, a COC-B adaptou essa proposta de modo que seu espírito possa ser implementado na grade curricular atual do Bacharelado em Física do IFUSP. Nesse caso, manteríamos um total de seis disciplinas de laboratório, sendo cinco delas obrigatórias.

Em linhas gerais, o formato das disciplinas evoluiu 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.

¹ <http://web.if.usp.br/cocb/content/reforma-dos-cursos-de-laborat%C3%B3rio-did%C3%A1tico>

Proposta

Com base no documento elaborado pelo grupo de trabalho, a COC-B propõe ao Instituto de Física da USP que o currículo de Física Experimental do curso de Bacharelado em Física seja composto de seis disciplinas, sendo cinco 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.

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 + 0	Tratamento formal de dados experimentais
Física Experimental III	4(*)	4 + 0	Tratamento formal de dados experimentais
Física Experimental IV	5(*)	4 + 0	Entendimento pleno e planejamento rigoroso de experimentos. Consolidação da independência em um laboratório.
Física Experimental V	6(*)	4 + 0	Entendimento pleno e planejamento rigoroso de experimentos. Consolidação da independência em um laboratório.
Física Experimental VI	7(*)	4 + 0	Consolidação da independência em um laboratório

(*) Seria interessante antecipar essas disciplinas em um semestre de modo a não haver espaçamento significativo entre Física Experimental II e Física Experimental III. Nota-se que esse espaçamento tem sido prejudicial aos alunos no início do curso de Física Experimental III.

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. Noção de precisão.

- noções de análises gráficas simples.
- noções básicas de estatística: média, desvio padrão, desvio padrão da média.

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.

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. É conveniente, porém, disponibilizar laboratórios em horários extra-aula, com base em agendamento pelos grupo, para eventuais retomadas de dados e aprofundamento voluntário dos alunos.

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/ou provas. 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.

Grupos de 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;
- propagação de incertezas;
- distribuições estatísticas: binomial, Gaussiana e Poisson;
- método dos mínimos quadrados. Ajustes de funções.
- Testes de significância.

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 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

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

Os objetivos gerais das disciplinas de Física Experimental VI 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.

Apêndice A - Resumo Proposto da Estrutura das Disciplinas de Laboratório do Curso de Bacharelado em Física do IFUSP

Disciplina	Objetivos Gerais	Objetivos específicos	Ferramentas e conceitos	Perspectiva
Física Experimental I	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, precisão, flutuação. Média, desvio padrão e desvio padrão da média	Adquirir a noção de medida e incerteza. Ser capaz de expressar o resultado de uma medida com sua incerteza
Física Experimental II	Tratamento formal de dados experimentais	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudo de sistemas de partícula única e muitos corpos 2. Teoria de Erros 	Propagação de erros, distribuições de probabilidade. Teste-z. Ajustes lineares e linearização de funções.	Estimar incertezas e avaliar o resultado de uma medida de maneira formal. Comparar o resultado de um experimento com uma previsão teórica (modelo) de maneira formal
Física Experimental III	Entendimento pleno e planejamento rigoroso de experimentos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudo de sistemas contínuos 2. Comparação com modelos teóricos 3. Influência do arranjo experimental 	Ajustes de funções não lineares, resíduos, testes de significância (teste-t e outros)	Comparar o resultado de um experimento com uma previsão teórica (modelo) de maneira formal. Avaliar a confiabilidade de medidas e de previsões
Física Experimental IV	Entendimento pleno e planejamento rigoroso de experimentos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudo de sistemas contínuos e quânticos 2. Simulações 3. Modelos 	Covariância, Introdução ao método de Monte Carlo	Avaliar a confiabilidade de medidas e de previsões
Física Experimental V	Consolidação da independência em um laboratório	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudo de sistemas quânticos 2. Simulações 3. Modelos 	Todos acima	Chegar a um resultado experimental "publicável"
Física Experimental VI	Consolidação da independência em um laboratório	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudo de sistemas quânticos 	Todos acima	Chegar a um resultado experimental "publicável"