

Informações sobre a disciplina de laboratório de Física Experimental III para alunos do IFUSP e do IAG.

O principal desafio a que nos propomos nesta disciplina é colocá-lo frente a um método científico mais atual e em uso, seja em laboratórios industriais ou de pesquisa. Consideramos extremamente importante proporcionar a vocês as ferramentas necessárias para avaliar corretamente a qualidade e confiabilidade de dados experimentais existentes na literatura, de fundamental importância tanto para futuros pesquisadores experimentais como teóricos. Procuramos, também, formular uma disciplina de laboratório que seja útil àqueles que **não** vão trabalhar em laboratórios de pesquisa já implantados.

O desenvolvimento desta disciplina de laboratório parte do conjunto de tópicos que estão sendo abordados pela teoria no mesmo semestre. Esses tópicos são fenômenos básicos de eletricidade e magnetismo. Por uma questão de tempo, não é possível abordar todos os tópicos. Portanto, a escolha dos fenômenos, ou grandezas, que vão ser estudados tem a ver, não somente com a sua relevância, mas também com a disponibilidade (custos) dos equipamentos necessários.

Outra prioridade desta disciplina é que vocês compreendam melhor os dados de suas experiências, fazendo simulações e parte da análise em tempo real. Para tanto, foi disponibilizado um micro computador dedicado a cada conjunto experimental, para que cada grupo de dois ou, no máximo, três alunos que fazem o experimento juntos, tenham o seu micro dedicado para trabalhar. Há uma impressora por sala, para a entrega dos dados experimentais colhidos nesse dia, (geralmente são gráficos e tabelas) e interfaces compatíveis com os micros, para que os dados de algumas das experiências sejam adquiridos automaticamente. Existe, também, câmaras **CCD** (Charge Coupled Device), uma para cada conjunto experimental, ligadas aos micros para tomada de fotos.

Gostaríamos de deixar claro, para todos, que o que foi visto de teoria de erros nas disciplinas de laboratório de Física Experimental I e II, é exigido e deve ser aplicado nesta disciplina.

Objetivos da disciplina de Física Experimental III

O objetivo principal desta disciplina é ensinar a vocês técnicas experimentais de medidas e de análise de dados. Pretende-se que desenvolvam a capacidade de analisar criticamente um experimento e avaliar a qualidade e a confiabilidade dos dados que têm em mãos. Para tanto, é necessário aprender que:

- 1- Nos experimentos reais procura-se destacar o fenômeno de interesse, mas outros fenômenos físicos estão sempre presentes (ao contrário do que ocorre em exercícios teóricos) e é necessário avaliar se devem ser levados em conta, e como fazê-lo, ou se existem as condições para que possam ser desprezados. Essas decisões envolvem uma avaliação das ordens de grandeza das medidas realizadas assim como dos erros experimentais (precisão dos instrumentos de medida, estabilidade do equipamento, etc).
- 2- **Experimentos não “dão errado”,** eles podem nos surpreender, no sentido de que não é obtido o resultado esperado ou, se não se conhece o resultado esperado, quando não se obtém um valor próximo ao obtido pelos outros grupos da classe. Nesse caso o importante é conseguir descobrir, ou pelo menos discutir, porque não foi obtido esse resultado. Ou seja, procurar uma maneira de checar o que foi que interferiu com o experimento e, se possível, quantificar o fenômeno que interferiu. Portanto, todos os dados são válidos e passíveis de análise, não há **“pontos fora”** que devem ser descartados, há medidas em que, por alguma razão, houve a interferência de outro fenômeno ou erro do experimentador. Isso pode ser quase sempre analisado e discutido, e, em alguns casos, quantificado e corrigido. **Experimentos que “dão errado” são sempre mais ricos que experimentos que “dão certo” porque permitem que vocês desenvolvam capacidades de análise crítica e criatividade.**

- 3- É fundamental antes de dar início a uma experiência ter muito claro o que se vai medir e como. Como muitas vezes o fenômeno em estudo ainda não foi visto na disciplina teórica, e, como não dispomos de tempo para dar a aula teórica necessária, procuramos detalhar os fundamentos teóricos necessários a cada experimento realizado, na apostila referente a esse experimento. Colocamos também referências para quem quiser se aprofundar no assunto. Entretanto, é bom lembrar que, num grande número de casos, foi a partir de observações experimentais que se estabeleceram conceitos e se desenvolveram teorias. Em todo caso, seria desejável, para um melhor aproveitamento do tempo em sala de aula, que **procurem ler a apostila antes de cada experiência.**
- 4- Também, para quase todas as experiências há programas instalados nos micros que simulam o experimento e permitem que se conheça o resultado esperado, para as hipóteses iniciais escolhidas. Ou, uma vez realizado o experimento, esses programas permitem a comparação dos resultados experimentais com os simulados, para uma melhor avaliação dos fenômenos envolvidos.
- 5- É sempre muito importante a discussão do experimento e dos dados experimentais através da análise dos tipos de incertezas que os afetam, da comparação dos valores obtidos com valores teóricos e/ou nominais para as mesmas grandezas e com os valores obtidos pelos outros grupos da classe. Essas comparações devem ser sempre quantitativas. Adjetivos do tipo “semelhante”, “discrepante”, “ótimo”, “muito bom”, “ruim”, não têm significado na descrição dos resultados da experiência, a menos que se defina quantitativamente, em números mesmo, o que eles significam. Além disso, devem ser definidos quais são os limites de incerteza aceitáveis para esse experimento. Esperamos que essas discussões surjam na sala de aula e sejam resumidas nos relatórios.

Organização da disciplina de Física Experimental III

Para cada fenômeno a ser estudado, nossa intenção é tornar possível a vocês explorar o conceito físico básico por trás desse fenômeno e como esse conceito se manifesta através do experimento escolhido. Procuramos, além da experiência programada para o estudo direto do conceito, colocar mais um ou dois experimentos que têm relação com o conceito explorado, mas que abordem uma aplicação experimental atual. Por essa razão cada experimento (salvo o primeiro) é realizado em três aulas. Na primeira aula é realizada a experiência que ilustra o conceito que se quer estudar. Essa experiência é quantitativa e se exige análise estatística e/ou a avaliação e propagação de erros (conforme for o caso). Embora a teoria de erros não seja discutida explicitamente nesta disciplina, ela é rigorosamente exigida em todas as análises experimentais e todas as conclusões dos experimentos devem ser discutidas em face aos erros experimentais. As duas aulas seguintes são usadas para a aplicação ou aplicações. Em geral, na primeira aula a aplicação é discutida e são usados programas para a simulação da experiência que será realizada a seguir.

No final de cada aula deve ser entregue ao professor uma folha de dados, por grupo, com os dados obtidos naquela aula pelo grupo. Dessa folha de dados devem constar **todos os dados experimentais adquiridos**, sob forma de tabelas e com os gráficos correspondentes, e/ou as simulações quando for o caso. Na folha de dados não há necessidade de descrições e propagações de erro. **Sem a folha de dados o relatório correspondente não será corrigido e a nota ficará igual a zero.**

Uma semana após o final de cada experiência, o grupo deve entregar um relatório dessa experiência. **O atraso na entrega é penalizado com o desconto de pontos por dia de atraso na nota desse relatório.** É importante que todos os componentes do grupo participem e colaborem para a realização da experiência. Portanto, a nota do relatório depende da presença do aluno nos dias em que aquela experiência ocorreu e é proporcional a ela, por exemplo, se

uma experiência se desenrola em três dias e um dos integrantes do grupo faltou num desses dias, ele terá **2/3** da nota, enquanto que aqueles que não faltaram terão a nota integral.

Cada professor estabelece um tempo de tolerância de atraso nas aulas. O aluno que chega após o tempo tolerado não terá frequência nesse dia e perderá a fração correspondente da nota do relatório.

Haverá ainda uma nota de participação, ou seja, cada aluno receberá uma nota que reflete a sua atuação na sala de aula durante a realização das experiências. Essa nota será, de fato, um fator multiplicativo entre **zero** e **um** (que multiplica a média dos relatórios), dada no final do semestre pelo professor, mas os alunos serão informados ao longo do semestre se sua participação nos trabalhos do grupo está sendo satisfatória ou não.

Finalmente haverá um projeto de final de curso, que deve ser desenvolvido pela classe toda. Esse projeto não deve ser uma experiência de demonstração e não deve ser simplesmente uma extensão de uma experiência desta disciplina. Ele deve ser um experimento que possibilite o estudo quantitativo e a discussão de um fenômeno relacionado com as matérias abordadas durante a disciplina.

A idéia é que os alunos aprendam a se organizar em grupos maiores (cada classe), para alcançar um objetivo comum que é a proposta, realização e apresentação de um experimento. No final do semestre a classe deve entregar um relatório sobre o projeto e haverá uma apresentação oral do mesmo, em auditório, para todas as turmas e professores da disciplina. A classe tem ampla liberdade de escolha, mas os professores estarão à disposição para discutir se um projeto proposto é factível ou não e se ele cumpre as exigências acima. Têm surgido projetos muito interessantes e alguns foram incorporados como experiências correntes em disciplinas de física experimental.

É extremamente importante em relação ao projeto, que ele comece cedo no semestre, porque experimentos novos têm sempre muitos imprevistos que devem ser resolvidos. Além disso, a organização de um grupo maior é uma experiência nova e, portanto, é

necessário um certo tempo para o grupo estar funcionando de maneira satisfatória. Recomendamos que o projeto esteja escolhido e a classe organizada até o final do mês de agosto.

Ainda, em relação ao projeto, nada impede e até tem sido muito enriquecedor que ele seja desenvolvido com o apoio de outros professores do instituto, ou de fora dele, usando ou não laboratórios de pesquisa da universidade.

Método de avaliação

Cada relatório (são **5**) terá uma nota (N_R). Será feita a média aritmética das notas dos relatórios (M_R), que será multiplicada pelo fator de participação em sala de aula (F_{PS}). Se esse número for inferior a **5,0** (cinco) o aluno estará automaticamente reprovado.

O projeto tem uma nota geral (N_{PG}) idêntica para toda a classe, dada por todos os professores da equipe e uma avaliação individual (F_{PI}). Essa avaliação individual (F_{PI}) refletirá a participação de cada aluno no projeto e é dada pelo professor da classe, essa avaliação será realizada em sala de aula após a apresentação do projeto, com toda a classe. A avaliação (F_{PI}) é um fator multiplicativo da nota geral do projeto.

A média final (M_F) é calculada pela média ponderada da média de relatórios com fator de participação ($M_R \times F_{PS}$), com peso **2/3**, e a nota do projeto ponderada pelo fator de avaliação individual ($N_{PG} \times F_{PI}$) com peso **1/3**:

$$M_F = 0,67(M_R \times F_{PS}) + 0,33(N_{PG} \times F_{PI})$$

IMPORTANTE: reparem que os integrantes de um mesmo grupo podem não ter a mesma média de relatórios e a média do projeto também pode variar entre os alunos da classe.

Não há recuperação nesta disciplina, nem previsão de reposição de aulas.