

4300377 – Evidências Experimentais da Natureza Quântica da Radiação e da Matéria



Segundo Semestre de 2023

Equipe:

Marcia Rizzutto (rizzutto@if.usp.br)

Rosangela Itri (itri@if.usp.br)

Todo o material da disciplina está disponível na página correspondente no <https://edisciplinas.usp.br/>. Buscar por 4300377 - Evidências Experimentais da Natureza Quântica da Radiação e da Matéria (2023)

Objetivo Geral

Retomar as limitações dos modelos clássicos e introduzir o conceito da dualidade onda-partícula para a matéria e para a radiação a partir da discussão de evidências experimentais. Consolidar o entendimento do aluno sobre o método científico a partir de experimentos envolvendo fenômenos de dualidade onda-partícula, tanto para a radiação como para a matéria.

Objetivos de Aprendizagem

Os objetivos de aprendizagem da disciplina são:

1. **Compreender a natureza dual da radiação e da matéria, reconhecendo o seu caráter intrínseco e necessário diante das evidências experimentais;**
2. **Consolidar a compreensão da natureza de um experimento em Física, reconhecendo seu papel na criação de novos conhecimentos, sua estrutura e sua dinâmica;**
3. **Avaliar criticamente os resultados de uma medida, determinando os diferentes fenômenos presentes e concluindo de forma rigorosa o experimento;**

Estrutura da Disciplina

A disciplina terá uma estrutura teórico-experimental, revezando entre aulas teóricas e expositivas com **a resolução de alguns exercícios em sala de aula** e atividades experimentais no laboratório.

Ela será dividida em 4 módulos:

1. **A natureza ondulatória das radiações eletromagnéticas**
2. **A natureza corpuscular das radiações eletromagnéticas**
3. **A natureza corpuscular da matéria**
4. **A natureza ondulatória da matéria**

A parte experimental da disciplina será toda baseada no **trabalho em grupo**, proporcionando a oportunidade para o aprendizado por pares.

Todos os alunos deverão formar grupos de até 3(4) pessoas usando a ferramenta disponibilizada na página da disciplina.

Serão realizados 5 experimentos ao longo do semestre

1. **Radiação do Corpo Negro (Módulo 1)**
2. **Efeito Fotoelétrico (Módulo 2)**
3. **Difração de Raio-X e Efeito Bremsstrahlung (Módulo 2)**

4300377 – Evidências Experimentais da Natureza Quântica da Radiação e da Matéria



4. Espectroscopia do H (Módulo 3)

5. Difração de Elétrons (Módulo 4)

Ao longo de cada experimento, teremos atividades de:

1. Apresentação e discussão do experimento (contexto, objetivos e descrição teórica)
2. Tomada de dados (preparação do experimento e medidas)
3. Análise de dados
4. Apresentação de resultados parciais pelos grupos

A frequência de 70% às aulas é essencial!

Portanto, o número máximo de faltas permitido é 4 no semestre. A tolerância máxima de atraso é de 10 minutos após o início da aula.

Conteúdos

Módulos de Aprendizagem	Objetivos de Aprendizagem	Conteúdos
1. A natureza ondulatória das radiações eletromagnéticas	<ul style="list-style-type: none">• Relembrar a natureza ondulatória da luz: como descrevê-la e as suas evidências experimentais.• Compreender a limitação da física clássica em explicar a radiação do corpo negro a partir da teoria ondulatória da luz, buscando relembrar o que é um corpo negro.	Longa disputa entre teorias ondulatórias e corpusculares. Teoria de Maxwell e experimentos de Hertz. A interação da radiação com a matéria: um dos problemas em aberto da física clássica. A radiação eletromagnética numa cavidade. A hipótese de Planck e a constante h . Radiação do corpo negro
2. A natureza corpuscular das radiações eletromagnéticas	<ul style="list-style-type: none">• Recordar fenômenos adicionais que demonstram a limitação da física clássica para explicar a natureza da radiação eletromagnética.• Compreender a quantização da radiação eletromagnética a partir da análise desses fenômenos.	A origem da quantização da radiação eletromagnética. Efeito fotoelétrico. Energia e momento do fóton. Interpretação estatística da intensidade da radiação. Dualidade onda eletromagnética-fóton. Raios X produzidos no freamento de elétrons. Efeito Compton
3. A natureza corpuscular da matéria	<ul style="list-style-type: none">• Identificar as evidências sobre a natureza atômica da matéria.• Compreender o problema da estabilidade atômica.	Evidências químicas e físicas para uma descrição atômica da matéria. Uma descrição atômica da eletricidade Carga e massa do elétron. Isótopos. Modelo atômico de Rutherford e o problema da estabilidade do átomo na física clássica. Modelo atômico de Bohr
4. A natureza ondulatória da	<ul style="list-style-type: none">• Compreender a natureza dual da	Hipótese de de Broglie. A

matéria	matéria, a partir da extrapolação desse conceito visto para a radiação eletromagnética e de evidências experimentais. <ul style="list-style-type: none">• Formalizar a ideia da natureza dual da matéria.	experiência de Davisson e Germer. Pacotes de ondas. Princípio da Incerteza de Heisenberg. Interpretação probabilística de Born. Discussão da experiência da fenda dupla com fótons e elétrons.
----------------	---	--

Avaliação da Aprendizagem

A avaliação será formativa e somativa. A formativa será baseada em relatórios dos experimentos a serem entregues pelos grupos (um relatório por grupo). **Serão 5 relatórios obrigatórios ao longo do Semestre.** Entregue a combinar com o professor. A avaliação somativa se constituirá de duas provas sobre o conteúdo teórico da disciplina. A nota final será calculada conforme os critérios abaixo. Caso qualquer uma das notas, média dos relatórios (R) ou médias das provas (P) seja inferior a 3.0, o aluno estará reprovado com média final

(M) igual à menor das notas. Se ambas as notas (R e P) forem iguais ou maiores que 3.0, a média final será obtida da média R e P como demonstrado abaixo:

Cálculo da média final M :

- Média dos relatórios: $R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5}$
- Média das Provas: $P = \frac{P_1 + P_2}{2}$
- Se $R_i (i=1, 2, 3, 4 \text{ ou } 5) = 0$: $M=0$
- Se $P \geq 3$ e $R \geq 3$: $M = (R+P)/2$
- Se $P < 3$ ou $R < 3$: $M = \min\{P, R\}$
- Se $M < 5$: Reprovação
- Se $M \geq 5$: Aprovação

Lembrando que, como nas outras disciplinas experimentais, não há segunda avaliação (recuperação) nesta disciplina.

Relatórios

A importância do relatório na disciplina está relacionada a um treinamento para escrever e ajudar a organizar ideias. Escrever relatórios é uma parte importante da disciplina experimental. O relatório deve ser um texto completo, dirigido a um leitor com conhecimentos suficientes para entender a proposta do experimento, a metodologia utilizada na aquisição de dados e o procedimento empregado na análise de dados, mesmo que nunca tenha visto nada sobre tais experiências. Assim o relatório não deve omitir descrições, fórmulas ou detalhes, com argumentos do tipo “isto tem na apostila” ou “o professor já sabe como é”. Mas a descrição do óbvio é dispensável.

Organização do Relatório

Um relatório pode ser entendido como a descrição clara e objetiva de um trabalho realizado. A descrição deve apresentar todos os detalhes que sejam realmente relevantes, omitindo detalhes supérfluos. Clareza e objetividade reduzem o esforço de leitura ao mínimo sem prejuízo da perfeita compreensão.

O relatório exigido nesta disciplina deve ter as seguintes partes:

- Resumo do trabalho;
- Breve introdução ao assunto;
- Descrição experimental;
- Resultados de medições, cálculos e análise de dados;
- Discussão final e conclusões;
- Referências bibliográficas;

Cada uma das partes acima pode ser subdividida em dois ou mais itens, quando parecer conveniente.

Uma observação importante é que o texto do relatório deve ser escrito em português correto, com frases devidamente estruturadas e pontuadas. O relatório é uma descrição de um trabalho já realizado. Por isso, essa descrição não deve ser feita com verbos em tempos futuro, infinitivo ou imperativo.

Resumo

O resumo deve ter aproximadamente 10 linhas e deve resumir os objetivos da experiência, equipamento usado, resultados principais e conclusões. Deste modo o resumo deve dar ao leitor uma razoável ideia sobre o conteúdo do relatório (isto é, da experiência e da análise dos dados) e como estratégia deve ser escrito ao final do trabalho, apesar de ser apresentado no início. Toda informação contida no resumo deve ser retomada de forma mais extensa no corpo do relatório.

Figuras, fórmulas ou referências não devem, evidentemente, ser incluídas num resumo.

Introdução

A introdução deve conter os objetivos da experiência, discussão do tema da experiência, apresentação das fórmulas e leis físicas utilizadas e outros comentários que são importantes, mas que não se enquadrem em outras partes do relatório. Em um relatório, ela deve ser muito sucinta contendo apenas o essencial para a compreensão do objetivo do experimento.

Descrição Experimental

Esta parte do relatório deve conter uma descrição completa, mas bastante objetiva, dos seguintes itens:

- arranjo experimental (não é aceitável a simples listagem dos equipamentos utilizados);
- procedimento experimental;
- características de instrumentos e incertezas de leitura;
- cuidados particulares e detalhes relevantes.

Geralmente, a descrição do arranjo experimental deve incluir figuras mostrando suas características e dimensões relevantes. A qualidade artística do desenho é menos importante do que a clareza na informação. Deve-se dar uma descrição resumida do procedimento utilizado para obtenção das medidas, dispensando-se também aqui a descrição do óbvio. Devem também ser apresentados nesta parte do relatório características e detalhes de instrumentos utilizados, discussão de incertezas instrumentais e cuidados particulares que tenham sido adotados na tomada de dados.

Resultados de medições e análise de dados

Os resultados das medições e cálculos devem ser apresentados nesta parte, sendo obrigatório o uso de tabelas no caso de quantidades repetitivas. O texto deve explicar claramente os cálculos realizados e as fórmulas utilizadas devem ser apresentadas explicitamente e numeradas. Resultados de cálculos repetitivos também devem, obrigatoriamente, ser apresentados em tabelas. Os cálculos de incertezas também devem ser explicados claramente, inclusive com apresentação das expressões usadas. Os gráficos devem ser

anexados nesta parte do relatório e os resultados obtidos neles (por exemplo, um coeficiente angular de reta) devem ser explicitamente apresentados no texto.

Discussão final e conclusões

Os resultados devem, evidentemente, ser discutidos e comentados na parte anterior do relatório. Mas geralmente existe esta parte final, na qual se deve discutir a experiência como um todo. Esta parte geralmente inclui discussão dos seguintes pontos:

- acordo entre resultados obtidos na experiência e valores experimentais obtidos de outras fontes ou valores de referência;
- crítica do método de medição e do equipamento utilizado;
- sugestões e comentários sobre a experiência.

É essencial que se apresentem as conclusões às quais os dados permitem chegar, frente aos objetivos que foram colocados na introdução de cada experimento.

Referências Bibliográficas

Referências bibliográficas citadas no texto devem ser apresentadas no final, sob o título Referências

Cópias de Relatórios

A ética deve estar sempre presente dentro de um laboratório, seja ele de pesquisa ou didático. Logo, textos copiados da Internet, ou de outros alunos/grupos (do corrente ano ou anteriores) não serão tolerados. **Atenção a este fato!**