

# PRINCÍPIOS DE CONSERVAÇÃO EM COLISÕES: APLICAÇÃO EM REAÇÕES NUCLEARES. ELABORAÇÃO DE TEXTO DIDÁTICO E MATERIAL ILUSTRATIVO<sup>i</sup>

Diogo dos Santos<sup>1</sup>, Marta de Souza Rodrigues<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo, Instituto de Física, [diogo.santos@usp.br](mailto:diogo.santos@usp.br)

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo, Instituto de Física, [martasouza@usp.br](mailto:martasouza@usp.br)

## Introdução

### *O projeto e sua intencionalidade*

Com o intuito de elaborar textos didáticos destinados a estudantes de graduação em cursos de Física básica, este trabalho propõe uma aproximação entre aspectos teóricos e alguns procedimentos experimentais, realizados na área de Física Nuclear. Para tanto, conceitos físicos presentes nas leis de conservação junto à cinemática do choque entre duas partículas, no estudo do espalhamento Rutherford e da seção de choque de uma colisão, são tratados de forma relacionada ao contexto de situações experimentais realizadas em pesquisas científicas. Nesta perspectiva, discutimos ao longo do trabalho a relevância das particularidades do aparato experimental no momento em que é construído um modelo para representação do processo analisado.

A justificativa da proposta consiste principalmente na escassez deste tipo de abordagem nos principais manuais de Física, entendendo-se que a compreensão em torno da articulação entre “prática” e “teoria” é de fundamental importância para construção de uma visão mais completa da natureza. Desta maneira, tentamos deixar explícito no trabalho que o conhecimento físico passa pela criação de modelos ao estudar determinados fenômenos, sendo recorrente o processo de aperfeiçoamento a partir da comparação entre os resultados obtidos e as previsões fornecidas pela teoria. Torna-se assim indispensável o “diálogo” envolvendo estas duas perspectivas.

Durante o andamento do projeto, a rotina de trabalho estabelecida contou com reuniões semanais em grupo para planejamento/acompanhamento das atividades e discussão dos temas tratados. Outro aspecto que merece destaque diz respeito à extensão do trabalho. O projeto teve início, enquanto proposta de produção de materiais ilustrativos, a partir do segundo semestre de 2007 e desde então cerca de seis bolsistas, incluindo os autores, deixaram suas contribuições<sup>1</sup>. Desta forma, alguns dos principais temas trabalhados durante o ano de 2009 são, em parte, aprimoramentos de idéias já iniciadas em etapas anteriores. Com responsabilidades específicas destinadas a cada estudante, todos os textos produzidos tiveram participações múltiplas, com o objetivo final de melhoria do material. Além disso, a estreita relação com específicas situações experimentais está ligada às atividades dos professores orientadores, Thereza Borello e José Luciano Duarte, no Grupo de Espectroscopia Nuclear de Íons Leves - LENOT.

---

<sup>1</sup>Os demais estudantes colaboradores do projeto em outros editais do programa Ensinar com Pesquisa são: Calebe Simões Santos, Gabriel Moreira Barros, Rafael Hanashiro. Este trabalho diz respeito às atividades realizadas durante o período de março de 2009 a fevereiro de 2010 (edital 2009), em que outra bolsista, Antônia J. B. Barbosa, também teve participação.

### Temas de trabalho

O projeto, como um todo, tratou de conceitos ligados: à ação de campos magnéticos sobre cargas elétricas em situações experimentais, envolvendo o uso do sistema Pelletron de aceleração; à cinemática do choque entre duas partículas e leis de conservação; ao potencial coulombiano e espalhamento Rutherford; à conceituação da seção de choque de uma colisão e sua medição experimental. Desta forma, é possível enxergar duas vertentes dentro da produção realizada. Uma de relação estreita com aspectos experimentais, aproveitando-se de situações reais para evidenciar conceitos e princípios físicos. Outro enfoque pode ser visto como voltado à teoria sem especificações claras de aplicação. Pensando nesses componentes, o quadro abaixo (figura 1) busca apresentar uma possibilidade de articulação dos temas trabalhados no projeto como um todo.

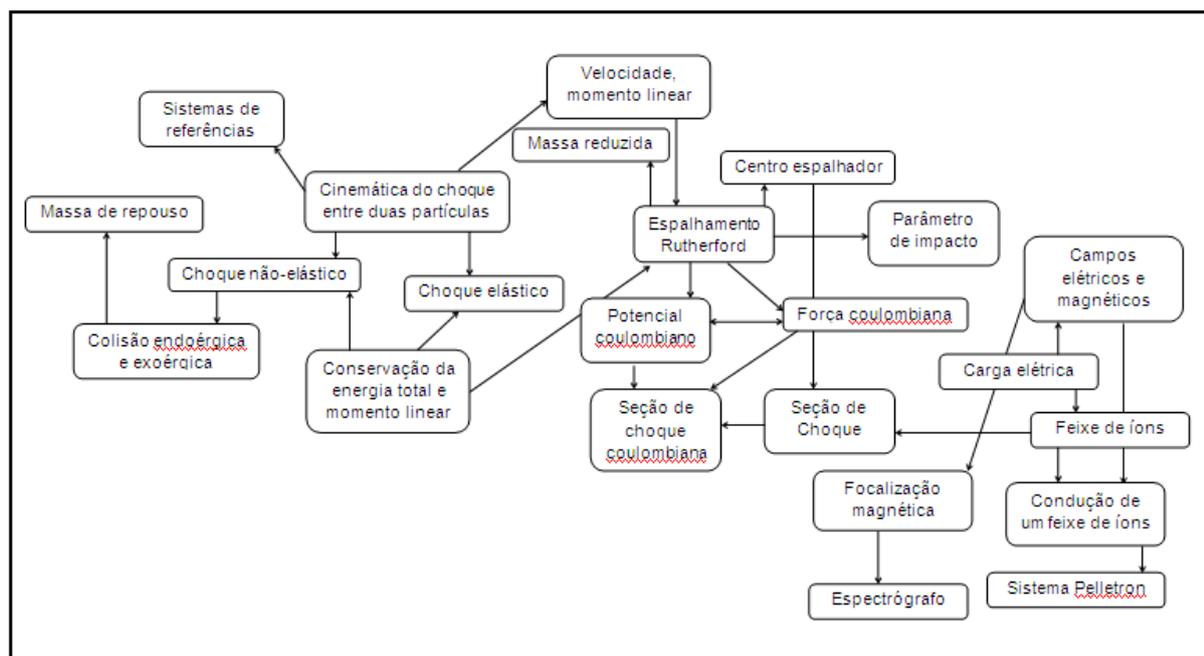


Figura 1: Esquema apresentando uma possível articulação entre os assuntos e desdobramentos dos textos. Muitas outras ligações poderiam ser pensadas para cada conceito/princípio físico citado, todavia a prioridade dada foi para as relações mais explícitas apontadas pelo material.

O fluxograma relaciona temas abordados até então por todos os bolsistas já envolvidos com o projeto. A seguir, serão tratados brevemente os assuntos que concentraram maiores esforços durante o trabalho no ano de 2009, lembrando que os demais assuntos foram abordados em anos anteriores com a colaboração dos demais estudantes já citados.

- Cinemática do choque entre duas partículas: Dos princípios de conservação de momento linear e de energia, são desenvolvidas algumas relações analíticas e gráficas com as grandezas envolvidas no choque elástico entre duas partículas, dada certa configuração inicial (considerando que uma das partículas com massa  $m_1$  possui velocidade horizontal constante, enquanto outra, com massa  $m_2$ , encontra-se parada em relação ao laboratório). A partir deste estudo, visualiza-se a evolução do sistema apenas conhecendo-se as situações, inicial e final, do processo físico. Após esta abordagem, realizada no referencial do laboratório, fez-se um estudo do comportamento do mesmo

evento visto do referencial do centro de massa (CM). Desta forma, foi possível comparar os resultados obtidos em ambos os referenciais e, então, identificar algumas peculiaridades do sistema.

- Espalhamento Rutherford: A seção se inicia com o estudo da interação coulombiana entre duas partículas de mesma carga elétrica e com a análise do movimento das mesmas. Neste caso, diferentemente da situação anterior, não ocorre uma colisão mecânica entre os corpos. Para facilitar a abordagem ao problema, foi necessário reduzir a situação inicial, em que são considerados os movimentos de repulsão dos dois corpos, para o caso em que uma das massas praticamente não tem deslocamento (quando é adequada a aproximação:  $m_1 \ll m_2$ ), similarmente à atração gravitacional entre um planeta e o Sol. Neste contexto, o conceito de massa reduzida foi inserido na discussão, servindo de base para a abordagem inicial da situação em que uma partícula carregada eletricamente interage com um centro espalhador.

- Seção de Choque: Este tema é uma extensão do anterior, mas aqui, ao invés de uma partícula carregada, um feixe de íons é espalhado por um centro espalhador. Neste contexto, a apresentação do conceito de seção de choque se faz necessária, sendo realizada discussão sobre sua interpretação e importância na representação do processo de interação. Finalmente, é abordado um modelo para medição experimental da seção de choque. Este é o momento em que ocorre o contato mais direto com uma situação experimental, onde é necessário considerar as particularidades advindas com aparatos e equipamentos. Em um experimento real, as partículas carregadas atravessam uma região com vários centros de dispersão. O modelo a ser construído para a medição experimental da seção de choque precisa, portanto, considerar este fator.

A cinemática do choque entre duas partículas representa o primeiro contato com este ambiente, considerando-se situações específicas que visam ser aproveitadas na discussão futura sobre a medida experimental da seção de choque, como é o caso da partícula incidente ter apenas velocidade em uma única direção e a outra massa encontrar-se em repouso. O espalhamento Rutherford propõe uma aproximação maior ainda com o tema, ao tratar de partículas carregadas. Todavia, possivelmente a contribuição mais notável nesta seção fique em torno da redução do problema de dois corpos ao de um único corpo, o que também sinaliza uma preocupação em buscar situações similares ao espalhamento dos íons por alvos em repouso. Desta forma, podemos dizer que os temas se relacionam e justificam-se do ponto de vista que representam etapas fundamentais para o entendimento da situação de medição experimental da seção de choque a partir da interação entre um feixe de íons colidente e uma região (alvo) com vários centros espalhadores.

### **O papel da construção de modelos em situações experimentais**

Dentre os temas citados anteriormente, é possível chamar atenção para a construção de modelos teóricos no tratamento de situações experimentais. Em torno da concepção deste tipo de elaboração, há a idéia de que estes:

“São definidos como um conjunto de pressupostos que tratam de explicar um objeto ou um sistema. [...] Um modelo teórico atribui ao objeto ou sistema uma estrutura ou mecanismo interno. Essa estrutura ou mecanismo é responsável por certas propriedades do objeto ou sistema descrito pelo modelo.”. (PINHEIRO, FILHO, PIETROCOLA, ALVES FILHO, 1999, p. 50).

Outra importante característica sobre os modelos reside em suas limitações, já que a realidade não obedece às idealizações presentes na teoria. Assim sendo, é possível apontar aproximações/simplificações no modelo utilizado para a medição experimental da seção de choque. É o caso da consideração de que os íons possuem velocidade apenas em uma direção, o que na prática depende de ótimas condições de focalização e deflexão do feixe desde sua produção; as partículas carregadas interagem com uma região com vários centros de dispersão e não apenas com um único corpo, como trabalhado teoricamente, além disso, o movimento de recuo dos alvos é desconsiderado durante o processo de interação com os íons.

### Considerações Finais

Por fim, ressalta-se que o contato com o ambiente mais relacionado à pesquisa científica contribuiu de forma a complementar a formação acadêmica dos autores, ainda mais por, durante o período de bolsa no projeto, serem feitas visitas aos ambientes nos quais ocorriam os experimentos (caso do Acelerador Pelletron – IFUSP, por exemplo). Assim, de forma similar, é esperado que o material produzido auxilie outros estudantes a familiarizarem-se com o processo de construção e encadeamento de conceitos, aproximações e modelos envolvidos na interface entre teoria e situações experimentais reais.

### Referências

ALONSO, M.; FINN, E. J. *Física, um curso universitário*. Volume 1: Mecânica. São Paulo: Edgard Blücher, 1972.

MARION, Terry B. *Classical Dynamics of particles and systems*. Editora – Academic Press, 1965.

NUSSENZVEIG, Moysés. *Curso de Física Básica*. 1ª edição. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

PINHEIRO, Terezinha de Fátima; PIETROCOLA, Maurício; ALVES FILHO, José de Pinho. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da matemática no conhecimento científico. In: PIETROCOLA, M. (Org). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora*. Florianópolis: Ed. da UFSC - INEP, 1999. p. 45-64.

---

<sup>i</sup> Projeto desenvolvido no âmbito do Programa Ensinar com Pesquisa, da Pró-Reitoria de Graduação da Universidade de São Paulo.