



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXVII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2023**

Inserção da equação de Pauli da mecânica quântica no ensino médio por meio de uma proposta didática

Francina Estefânia Guimarães Barbosa¹; M.S.R Miltão²;

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Licenciatura em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: francina.eguimaraes@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: miltaao@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Física de Campos; Ensino-Aprendizagem; Ensino Médio **INTRODUÇÃO**

A mecânica quântica é uma das áreas mais fascinantes e desafiadoras da física moderna. Ela descreve o comportamento das partículas subatômicas e revela um mundo onde as regras da física clássica não se aplicam. No entanto, a mecânica quântica costuma ser considerada complexa demais para o ensino médio. Neste estudo, argumentaremos a favor da inserção da Equação de Pauli, um componente fundamental dessa teoria, no currículo do ensino médio, destacando sua importância e oferecendo uma proposta didática com base na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

A Equação de Pauli, formulada pelo físico Wolfgang Pauli, desempenha um papel crucial na descrição do comportamento de elétrons em átomos. Ela apresenta, desde o início, o conceito de spin, uma propriedade intrínseca às partículas subatômicas que não tem um equivalente na física clássica. O spin é responsável por diversas características quânticas, como o princípio da exclusão de Pauli, que impede que dois elétrons em um mesmo átomo ocupem os mesmos estados quânticos. Isso tem implicações profundas na estrutura eletrônica dos átomos e na formação de ligações químicas.

A teoria de Ausubel baseia-se na premissa de que existe uma estrutura na qual organização e integração de aprendizagem se processam, a aprendizagem significativa envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica pré-existente a qual define como conceito subsunçor. A ancoragem de conceitos ocorre quando uma nova informação é relacionada a conceitos ou proposições relevantes já existentes do aprendiz, a ancoragem é como a ponte entre eles, Figura 1.



Figura 1: Processo de ancoragem na aprendizagem. Fonte: acervo do autor.

Nesta teoria, as condições para que ocorra a aprendizagem significativa é de que o aluno precisa ter uma disposição para aprender e o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo (instigante, lógico, sendo este papel do professor ao preparar sua aula para realizar uma boa transposição didática). Cada aprendiz faz uma

filtragem dos conteúdos que tem significado ou não para si próprio, que é quando ele se pergunta “por que devo estudar a Mecânica Quântica? Pra que serve esses conceitos como o princípio da exclusão de Pauli?”. Aqui entra o papel fundamental de uma boa transposição didática, que é quando, durante o ensino destes conteúdos, o professor organiza e adapta os conteúdos científicos de acordo com as características dos alunos, o contexto da escola e os objetivos do currículo, trazendo exemplos do dia-a-dia. A transposição didática é um processo complexo que visa tornar o conhecimento científico mais acessível e compreensível para os estudantes, levando em consideração suas experiências prévias, nível de desenvolvimento cognitivo e características individuais; a transposição didática não se limita apenas à simplificação do conteúdo, mas também implica em uma reorganização e contextualização desse conhecimento, de modo a torná-lo mais significativo e útil para os alunos. O objetivo é proporcionar uma aprendizagem mais eficaz e promover o desenvolvimento de competências e habilidades nos estudantes.

A inserção da equação de Pauli da mecânica quântica no ensino médio é um desafio empolgante e ambicioso. Embora a mecânica quântica seja uma teoria altamente complexa e abstrata, a abordagem correta pode torná-la acessível e fascinante para os estudantes do ensino médio, tendo como base mostrarmos os resultados da pesquisa e considerarmos que a dificuldade dos alunos não é exclusiva das teorias modernas, ela perdura desde a mecânica clássica; logo, faz-se necessário uma boa formação dos professores para que sejam capazes de criar e utilizar metodologias e estratégias para ensinar Física a este público do ensino médio.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

O estudo do plano tem como base o aprimoramento didático e matemático com novas abordagens quanto a relevância e ensino da FMC no ensino médio. Dando continuidade ao estudo da Física de Campos introduzimos conceitos como o Princípio da Exclusão de Pauli, por exemplo, bem como o tratamento de leis físicas trabalhadas no projeto, para que o público de nível médio consiga validar a importância de tais conteúdos e relacionar com o seu dia-a-dia utilizamos como base a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Também consideramos os problemas do ensino de física em escolas públicas e particulares através de uma pesquisa realizada virtualmente por formulários que foram enviados a alunos e professores do ensino médio para auxiliar com dados reais da cidade de Feira de Santana, quanto a teoria quântica e a teoria de aprendizagem significativa, foram utilizadas as equações invariantes, o aprofundamento teórico e abordagens pontuais em temas correlacionados a Teoria Quântica de Campos, com discussões frequentes no suporte do orientador.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

Partindo das condições necessárias para aprendizagem de que o aluno precisa ter uma disposição para aprender, na pesquisa algumas perguntas como “você acha que é importante estudar Física?” com 95,3% de respostas afirmativas, e “Compreendendo como a Física Moderna e Contemporânea está presente em tecnologias, como eletrônicos, telecomunicações e energia renovável, você tem curiosidade em estudar sobre?” com 79,1% das respostas afirmativas, assim, podemos concluir que a

primeira condição para aprendizagem é satisfeita por maior parte das turmas. Quanto aos professores foi questionado se os alunos do ensino médio têm capacidade de compreender os conceitos de FMC, sendo unânime que possuem, e se a dificuldade de compreensão dos alunos é exclusiva no conteúdo da FMC, novamente unânime de que não é exclusiva da FMC, na verdade segundo resposta dos professores os conteúdos que eles acreditam que os alunos encontram mais dificuldade são de mecânica clássica e óptica, quanto a resposta dos alunos os conteúdos de mecânica (48,8%) e óptica (32,6%) foram os mais votados.

Estes dados reforçam a ideia de como os professores conhecem seus alunos, e tem a capacidade de responder se eles compreenderiam ou não conceitos da FMC. Ao questionar os alunos sobre sua maior dificuldade ao estudar um conteúdo, a maioria das respostas incluiu a realização de cálculos, interpretar as questões, decorar as formulas e a aplicação destes conteúdos no dia-a-dia (utilidade), uma resposta que gostaria de destacar é do aluno Deogenio Silva

“Como aplicar as fórmulas que são passadas de maneira rasa, rápida e superficial nas aulas no qual a maioria dos alunos perdem o interesse da matéria, por conta dos professores e professoras que não sabem ensinar física de maneira interessante, o que torna a matéria ainda mais chata e monótona, causando assim a ineficácia da aprendizagem. Outra coisa, eu gosto da física clássica, mas a física moderna aborda conteúdos muito importantes e interessantes, devido ao seu teor da teoria complexa e utilizável na compreensão do universo. Encerro minha sincera opinião sobre o ensino brasileiro de física que se aplica a outras disciplinas, com essa frase de um físico: ‘Professores que tornam a Física chata são criminosos’. - Walter Lewin.”.

Segundo os alunos a abordagem mais eficaz utilizada pelos professores foi: ensinar passo a passo a teoria, depois ensinando a fórmula algébrica e por fim, como aplicar a fórmula interpretando as questões, o uso de experimentos, usar exemplos práticos do dia-a-dia, slides e lista de exercícios. Os alunos acreditam em aprender melhor com uso de slides, aula com experimentos e pesquisas, exemplos relacionados a vida prática, e muitos citam os jogos como uma ferramenta atrativa pouco/nem utilizada. Em contrapartida, pensando no papel do professor nisso tudo, perguntamos qual sua maior dificuldade ao preparar uma aula, e se ele acredita que sua formação o preparou bem para tal função: eles afirmam que não foram bem preparados, porém a maior dificuldade ao planejar a aula é pensar de acordo com o tempo de sala de aula, ao produzir uma aula, tornar os conceitos e fenômenos menos abstratos sem produzir erros. (Exemplo citado nas respostas: "conceituar campo e potencial elétrico sem cair em equívocos conceituais").

Nossa proposta didática tem como objetivo introduzir a equação de Pauli, um dos pilares da mecânica quântica, de forma acessível e envolvente. Familiarizando os estudantes com os conceitos fundamentais da mecânica quântica, apresentar a equação de Pauli e seu papel na descrição dos elétrons em átomos e promover a compreensão de como os princípios quânticos influenciam o comportamento dos elétrons, segue uma proposta didática, ela não esta dividida por aulas, pois o professor deve ajusta-la em seu planejamento de acordo com a carga horária que lhe é disponível; essa decisão foi tomada pois uma das dificuldades sinalizadas pelo professores é a carga horária e currículo restrito.

1. Introdução à Mecânica Quântica: Comece com uma introdução que destaque os principais desafios que a mecânica quântica aborda e seu contraste com a física clássica. Use exemplos simples, como o experimento da dupla fenda, para ilustrar os fenômenos

quânticos. Introduza o modelo de átomo de Bohr e explique como este modelo não pode explicar completamente o comportamento dos elétrons em átomos maiores.

2. O Princípio da Exclusão de Pauli: Apresente o princípio de exclusão de Pauli como uma regra fundamental para a distribuição dos elétrons nos orbitais atômicos, apresente o conceito de spin como uma nova propriedade das partículas subatômicas. Utilize metáforas simples, como "giro" ou "rotação intrínseca", para tornar o conceito mais acessível. Use analogias, como uma sala de aula onde cada cadeira representa um orbital, para ilustrar como os elétrons "ocupam" esses espaços, realize simulações computacionais simples (se a escola possuir computador, ou leve slides), para permitir que os estudantes visualizem como a equação de Pauli afeta a distribuição de elétrons. Introduza a equação de Pauli como uma ferramenta matemática que formaliza o princípio da exclusão. Simplifique a equação e mostre como ela é usada para descrever o comportamento dos elétrons em átomos.

3. Aplicações na Vida Real: Discuta as implicações éticas e as aplicações modernas da mecânica quântica, como a criptografia quântica e a computação quântica, a mecânica quântica na tecnologia moderna, como semicondutores, eletrônica, desenvolvimento na medicina, fabricação de componentes em remédios. Isso ajudará os alunos a compreender a relevância prática desses conceitos.

4. Avaliação: Avaliar o entendimento dos alunos por meio de testes, apresentações, projetos relacionados à mecânica quântica, ou construção de mapas conceituais.

5. Aprofundamento Opcional: Ofereça oportunidades para os alunos que desejam explorar mais a fundo a mecânica quântica, como vídeos, leituras ou palestras adicionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

A introdução da equação de Pauli da mecânica quântica no ensino médio pode ser desafiadora, mas também é uma oportunidade para inspirar jovens mentes a se interessarem pela física quântica e suas aplicações no mundo real. Ao abordar essa complexa teoria de maneira acessível e envolvente, podemos capacitar os estudantes a desenvolver uma compreensão mais profunda do funcionamento do universo em níveis subatômicos, também prepara os alunos para compreenderem conceitos cada vez mais relevantes em um mundo cada vez mais influenciados pela tecnologia quântica. Ao fornecer uma base sólida em mecânica quântica desde o ensino médio, estamos capacitando a próxima geração de cientistas e inovadores para explorar os mistérios do universo com uma compreensão mais profunda e qualificada.

REFERÊNCIAS

[1] COELHO, J.V. Física Moderna no ensino médio. Cuiabá, 1995, UFMT/IE/ICET, dissertação de mestrado.

[2] EISBERG, R; RESNICK, R. Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas. Rio de Janeiro, Elsevier, 1979.

[3] GRECA, I.M.; MOREIRA, M.A. ; HERSCOVITZ, V.E. Uma Proposta para o Ensino de Mecânica Quântica. Revista Brasileira de Ensino de Física, Vol.23, nº. 4, dezembro de 2001.

[4] JARDIM, L. M. CAMARGO, S.; ZIMER, T. T. B. Transposição didática no ensino de ciências: diferentes olhares. XII Congresso Nacional de Educação – Educere, PUCPR, 2015.

- [5] MOKROSS, B. J. Nao-Localidade na Mecanica Quantica. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 19, no. 1., São Paulo, marco 1997.
- [6] MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Editora Universidade de Brasília, Brasília, 2006.