

INTRODUÇÃO AO ENSINO DA FÍSICA QUÂNTICA NO ENSINO MÉDIO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Johnathon Coelho Nunes (1); Ercicleiton Rodrigues de Macedo (2)

1 *Graduando em Licenciatura Plena em Física pelo Instituto Federação do Sertão Pernambucano – IF SERTÃO-PE, johnathon.coelho@gmail.com*

2 *Professor Dr. do Instituto Federação do Sertão Pernambucano – IF SERTÃO-PE, ericleitonrodrigues@yahoo.com.br*

Introdução

Atualmente vivemos em um cenário educacional em que a disciplina de física é ministrada mediante uma grade curricular que aborda os conteúdos da física clássica, como a mecânica clássica, a termodinâmica clássica e o eletromagnetismo. Destacaram-se nomes como René Descartes, Isaac Newton, Galileu Galilei, Johannes Kepler, Christiaan Huygens e James Clerk Maxwell.

A física clássica não pôde explicar alguns fenômenos que só puderam ser esclarecidos após surgimento da Física Quântica Velha, a partir da segunda metade do século XIX. A primeira grande descoberta que deu origem à Mecânica Quântica foi a *quantização de energia*, realizada por Max Planck em dezembro de 1900, por meio de tentativas de explicar os resultados experimentais de Lummer & Pringsheim e Rubens & Kurlbaum, partindo da Mecânica Estatística de Ludwig Boltzmann e dos trabalhos de Willy Wien, a respeito do espectro de radiação dos corpos em altas temperaturas, em destaque o chamado "corpo negro", que absorve toda radiação incidente (Plank, 1901).

A Física Quântica é responsável pela origem de tecnologias de grande utilidade, para exemplo temos os lasers, supercondutores e transistores que são alguns resultados obtidos através da Física Quântica. Ainda assim, não conseguimos extrair seu sentido matemático sem associar com a interpretação dos resultados experimentais que muitos consideram como paradoxal e muitas vezes se tornam inaceitáveis (Goswami, 2007).

Atualmente, alguns livros do ensino médio trazem uma introdução ao estudo da Física Quântica, com o intuito de apresentar para o aluno o desenvolvimento dessa nova área da física, abordando o contexto histórico juntamente com algumas equações matemáticas relevantes.

Mesmo existindo material didático para o público do ensino médio, há uma certa resistência, tanto por parte dos professores quanto pelos estudantes de adentrarem neste conteúdo. As provas de vestibulares no Brasil geralmente não abordam física moderna e isto é um fator que influencia a falta de interesse das escolas em geral, que trabalham na linha de que seu aluno deve ser capaz de resolver questões de vestibulares.

Segundo Terrazan (1992), alguns aspectos devem ser considerados ao se discutir sobre o ensino da física moderna no ensino médio, tais como especificação do currículo, leis e conceitos que são fundamentais com a baixa exigência do formalismo matemático, a relação entre a Física Clássica e a Física Quântica dentro da mesma linha de raciocínio e a falta de professores preparados para o ensino da Física Moderna.

O formalismo matemático que trata da descrição quântica, os novos conceitos que fogem da Física Clássica e que desafiam o senso comum, os experimentos que abordam temáticas da Mecânica Quântica que as vezes são difíceis de serem compreendidos, são algumas dificuldades que o professor e o aluno devem enfrentar ao tratar o conteúdo de Física Quântica no ensino médio. Uma alternativa é o uso de diferentes traduções do formalismo quântico (Pessoa Júnior,1997), abrindo as portas para que cada aluno possa desenvolver sua própria linha de pensamento. A utilização da História e da Filosofia da Ciência como estratégia de ensino, rompe com a barreira das abordagens tradicionais no ensino de Física (Fagundes,1997). Mas não se pode fugir totalmente das formas tradicionais para tratar a ciência em sala de aula, pois a temática em questão está acompanhada de equações com significados importantes.

O objetivo deste trabalho é relatar a ideia que foi posta em prática, de lecionar o conteúdo de Física Quântica para alunos do ensino médio. Esta atividade foi aplicada em uma escola de referência em ensino médio do estado de Pernambuco, localizada no município de Petrolina. A ideia foi originada após a realização de um seminário, com a mesma temática, na disciplina de História da Física do curso superior de Licenciatura em Física do Instituto Federal do Sertão Pernambucano campus Petrolina, em que o público ouvinte fazia parte do quadro de alunos da graduação matriculados na disciplina.

Metodologia

O curso superior de Licenciatura em Física do IF Sertão PE campus Petrolina tem em sua grade curricular a disciplina de História da Física. A metodologia utilizada pelo docente responsável para avaliar os alunos no primeiro semestre do ano de 2018 foi de apresentação de seminários sobre os temas discutidos em sala. O tema “História da Mecânica Quântica” foi apresentado em um seminário com formato de aula, no qual além de abordar o contexto histórico foram também discutidas as fundamentações matemáticas, que revelam muitas coisas interessantes sobre o tema. Vale ressaltar que, no formalismo matemático demonstrado durante a apresentação não se aplica cálculo diferencial e nem equações diferenciais (ferramentas matemáticas que são tratadas em cursos superiores de exatas), portanto o desafio é mostrar o que as equações significam fisicamente, ou seja, a importância das mesmas no que conhecemos como Física Quântica.

Diante do interesse dos ouvintes pelo conteúdo abordado, considerando o formalismo matemático de fácil entendimento, teve-se a ideia de elaborar um plano de aula para adaptar a temática do seminário e tornar possível mostrar para os alunos do ensino médio um conteúdo que geralmente não é tratado nas escolas regulares. O objetivo é mostrar que existe algo mais recente na física, em que a Mecânica Quântica é uma delas, desenvolvida a partir do início do século XX e que atualmente é uma área de grande interesse na ciência, responsável pelo desenvolvimento de diversas tecnologias que são utilizadas em várias áreas de conhecimento.

O plano de aula referente a este trabalho foi elaborado para que as três turmas de terceiro ano do ensino médio que existem na escola trabalhada, estudassem o que se denomina de Introdução à Física Quântica em quatro etapas com duas aulas de cinquenta minutos cada (por turma). Por necessidade, a temática que foi tratada em um seminário de aproximadamente duas horas em uma sala de ensino superior, sofreu uma adaptação para que os alunos do ensino médio pudessem aproveitá-la com o quadruplo da carga horária, uma vez que a quantidade de alunos é maior e que é necessária uma discussão mais detalhada e contextualizada, para que haja um nivelamento na compreensão do assunto.

Resultados e Discussão

Na primeira etapa (primeira/segunda aula), tratou-se de falar sobre algumas tecnologias que a Física Quântica permitiu desenvolver, citando como exemplo o aparelho de TV, a máquina fotográfica e a tecnologia que conhecemos como Blu-ray. O primeiro fenômeno físico estudado foi a emissão de luz dos corpos aquecidos: Sabendo-se que todos os corpos, independentemente dos materiais que os constituem, irradiam e também absorvem a energia que é transportada por ondas eletromagnéticas ao seu redor em uma grande diversidade de comprimentos de onda, de que forma isto acontece? As primeiras duas aulas foram dedicadas a explicar que este fenômeno acontece pelo fato de que a energia em questão está associada às radiações que se originam das acelerações e desacelerações que ocorrem mediante a vibração de átomos e moléculas, radiações estas que são conhecidas como radiações térmicas (Planck, 1901). Através de slides exibidos em Datashow, foi possível mostrar animações que mostram como acontecem estas radiações, o software utilizado foi o Phet Interactive Simulations. Para iniciar o contexto histórico, partiu-se de meados do século XIX, com o físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), que realizou experimentos relacionados com a absorção e a emissão de energia radiante, ele atribuiu o conceito de emissor ou absorvedor ideal ao que ficou conhecido como **corpo negro** ou **radiador ideal** (Planck, 1901). Trata-se de corpos que, absorvem energia com a incidência de ondas eletromagnéticas e a emite na mesma quantidade, ou seja, tem igual capacidade de emissão e absorção para cada temperatura.

Na segunda etapa (terceira/quarta aula) foi mostrado o gráfico elaborado por cientistas (R.M, 1979) para mostrar as curvas de energia irradiada em função do comprimento de onda e, foi levantada uma breve discussão sobre o que este gráfico representa e o significado físico por trás das curvas expressas. Posteriormente, foi estudada a história do físico alemão chamado Wilhelm Wien (1864-1928) que equacionou empiricamente, em 1893, o deslocamento de pico das curvas relacionando-o com a temperatura e ao comprimento de onda, o que ficou conhecido como **lei do deslocamento de Wien** e, que em 1896 desenvolveu um trabalho com a tentativa de achar uma equação que se adequasse com a curva experimental, mas que somente encontrava resultados compatíveis para a região de pequenos comprimentos de onda, ou seja, era incompatível para regiões de comprimentos de onda maiores (Wien, 1897). Após Wien, foi mostrado que o físico inglês Willian Strutt (1842-1919) também desenvolveu um trabalho com o mesmo intuito, mas que não obteve êxito, pois somente se ajustou a comprimentos de ondas maiores, caso contrário, a curva obtida teórica tendia para o infinito, isto ficou conhecido como **catástrofe do ultravioleta** (R.M, 1979). Tanto Wien quanto Willian desenvolveram suas teorias baseadas em conceitos da Física Clássica e por isto não conseguiram explicar o espectro de emissão da radiação do corpo negro. Por fim da segunda etapa, veio a solução do problema conseguida pelo físico teórico alemão Max Karl Ernst Ludwig Plank (1858-1947) em 19 de outubro de 1900, que fez o uso da entropia, probabilidade e da sua coragem para romper com a teoria do eletromagnetismo de Maxwell de que a absorção, a emissão e a propagação de ondas eletromagnéticas eram processos contínuos (Planck, 1901). Plank introduziu a ideia de que a energia emitida era proporcional à frequência de vibração dos osciladores eletromagnéticos existentes nas paredes da cavidade, não de forma contínua, mas sim em quantidades múltiplas de uma quantidade mínima chamada de quanta. Com isto foi possível mostrar a equação desenvolvida por Plank para os alunos e ainda discutir sobre o que ela representou para a época, quando este trabalho foi publicado em 14 de dezembro de 1900 no Seminário de Física da Universidade de Berlim, deu início ao que se popularizou como Física Quântica e Física Moderna.

Na terceira etapa (quinta/sexta aula) o assunto abordado foi a história do **Efeito Fotoelétrico**, mostrado através de slides projetados em Datashow, onde se introduziu uma discussão sobre a falha da Física Clássica em explicar porquê a emissão de elétrons de uma superfície metálica através da incidência de energia radiante dependia da frequência e não da intensidade desta energia. Tratou-se da vida de Albert Einstein e que este elaborou, em 1902 a explicação compatível com os fatos experimentais do Efeito Fotoelétrico, seu trabalho foi publicado em 1905 (Einstein, 1905) e lhe rendeu o Prêmio Nobel da Física em 1921. Mediante alguns questionamentos por parte dos alunos, o assunto em questão teve um inevitável aprofundamento e rendeu uma maior contextualização da temática durante a aula.

Por fim, na quarta e última etapa (sétima/oitava aula) foi explanado brevemente o que ficou conhecido como **Efeito Compton**, trabalho desenvolvido em 1923 (Compton, 1923) por Arthur Holly Compton (1892-1962) que comprovou experimentalmente a natureza quântica dos raios X. Em seguida, foi tratado sobre a Dualidade onda-partícula, explicando o que seria a natureza ondulatória e corpuscular da luz, seguido do modelo atômico de Bohr em 1913, o qual explicou o espectro do átomo de hidrogênio. A finalização do trabalho se deu pela abordagem da **Hipótese de De Broglie**, que diz respeito à simetria da natureza (radiação e matéria), a qual supõe que a matéria tenha dualidade onda-partícula e, através de uma explicação matemática simples, prova teorias que haviam sido colocadas “a mão”, como por exemplo a quantização do momento angular do elétron e ainda marca o nascimento da moderna Mecânica Quântica.

Conclusão

Através do andamento das aulas, foi inevitável perceber o esforço por parte dos alunos em aceitar as novas ideias que são tratadas na temática, por ser algo novo e que geralmente não é ensinado nas escolas e nem em cursinhos. Em contrapartida, boa parte dos alunos foram participativos e proporcionaram discussões e esclarecimentos sobre os fenômenos relacionados ao conteúdo, tanto pela parte conceitual quanto da tratativa matemática. Apesar de não ser “cultural” a abordagem da Física Quântica no ensino médio, alguns livros para este público já trazem o assunto de forma introdutória. Este trabalho considera importante que os estudantes de nível médio saiam com o mínimo de entendimento desta área da física por diversos motivos, um deles é de que se trata de algo que abriu novos horizontes de exploração científica inimagináveis aos olhos dos cientistas clássicos, tornando-se responsável pelo desenvolvimento de teorias importantes para a ciência e tecnologia.

Referências

A. H. Compton, Physical Review 21, 483 (1923).

Einstein, A. (1905). Ueber einen Erzeugung und Verwandlung des lichten betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. Annalen der Physik, 17, 132-148.

FAGUNDES, M. B. (1997) Ensinando a dualidade onda-partícula sob uma nova óptica, Dissertação de Mestrado FEUSP/IFUSP, São Paulo.

GOSWAMI, Amit. O universo autoconsciente: como a consciência cria o mundo material. Tradução de Ruy Jungmann. 2ª Edição. São Paulo: Aleph, 2007.

Radiação do Corpo Negro. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>>, Acesso em 21/08/2018.

M. Planck, “Sobre a Lei de Distribuição de Energia no Espectro Normal”, publicado originalmente em *Annalen der Physik* 4, 553 (1901); traduzido para o Português em *Revista Brasileira de Ensino de Física* 22, 538 (2000).

PESSOA, O. J. (1997) Interferometria, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Vol. 19(1) março de 1997, São Paulo.

R.M. Eisberg and R. Resnick *Física Quântica* (Editora Campus, Rio de Janeiro, 1979).

TERRAZAN, E. A. (1992) A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de Ensino médio, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 9(3): 209-214, Santa Catarina - RS.

Wien, W., 1893, “Eine neue Beziehung der Strahlung schwarzer Körper zum zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie,” *Sitzungsberichte der preussischer Akademie*, pp. 55-62.

W. Wien, On The Division of Energy in the Emission-Spectrum of a Black Body, *Phil. Mag.* S. 43, 214 (1897). Tradução do *Annalen der Physik*, 1, vii, p. 662 (1896).