



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

A CONSTANTE DE PLANCK: UMA FORMA DE ENSINO DE FÍSICA MODERNA A PARTIR DA EXPERIMENTAÇÃO

Rafael Sousa César; Leonardo Tavares de Oliveira; Fernando Martins de Paiva

*¹Universidade Estadual do Ceará/ Faculdade de Educação, Ciências e Letras de Iguatu/
rafael05cesar@hotmail.com; leonardo.tavares@uece.br/Universidade Federal do Ceará/
fernandomartins@fisica.ufc.br*

Resumo: O processo de ensino e aprendizagem de conteúdos de Física Moderna, embora de modo reduzido, vem acontecendo nas escolas públicas de ensino médio. Porém, uma série de fatores têm dificultado a compreensão dessa vertente da ciência, a saber: a falta de professores com a devida formação em Física Moderna, ausência de aulas que implementam o paralelo com os acontecimentos históricos da ciência na época, a não alusão da física no cotidiano dos alunos, o pressuposto que Física Moderna seja algo direcionado apenas ao ensino superior e, também, a falta de equipamentos de laboratório para o desenvolvimento de atividades práticas. No referido trabalho, apresenta-se uma proposta de ensino da Física Moderna, em parceria com o laboratório de Pesquisa e Ensino de Física - LAPEF da Faculdade de Educação, Ciências e Letras de Iguatu - FECLI, que será aplicada aos estudantes de ensino médio das escolas públicas, na qual será ministrado aulas que elucidarão o conhecimento científico a partir de fatos históricos, acompanhada com experimentos de laboratório proporcionando assim uma aprendizagem expressiva através de elementos da vivência histórica, filosófica e da comprovação científica. Em meio a isso, neste trabalho destaca-se as seguintes seções: Inicialmente trata-se de descrever a estratégia histórica e experimental para o ensino de Física Moderna. Neste caso, recebe destaque fatos importantes como: o nascimento da física quântica e o efeito fotoelétrico, onde surge novamente a constante de Planck. E, por fim, percorrido esse caminho conceitual e histórico, tem-se a descrição experimental da medição da constante de Planck.

Palavras-Chaves: Ensino, Experimento, Constante de Planck, Física Moderna, Laboratório.

Introdução

Em atenção às orientações encontradas nos PCN, o ensino de física tem sofrido mudanças gradativas. As diretrizes apontam para a necessidade de formação de cidadãos que possam compreender, intervir e participar ativamente da sociedade, dotando-o de instrumentos culturais e educacionais que o levem a refletir de maneira crítica frente a temas de tecnologia que lhe forem apresentados. No PCN+ -Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (MEC-SEMTEC, 2002) apresenta eixos temáticos que visam assistir os educadores da área de Física na construção desta nova perspectiva de ensino que não apenas forme os estudantes para o ensino superior, mas que tenham cidadãos com boa formação em educação tecnológica.



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

Porém de um total de seis eixos temáticos (ou temas estruturadores) sugeridos, três destes são totalmente voltados para conceitos que envolvem a chamada Física Moderna, o que revela a salutar preocupação com uma formação tecnológica atualizada. No entanto, mesmo com os avanços obtidos no ensino da Física resta-se vários desafios a serem vencidos, principalmente no que se refere ao ensino da Física Moderna.

A deficiência no ensino de Física Moderna causa certos prejuízos na formação dos estudantes como: o não ensino de muitos conhecimentos necessários para a compreensão de muitos dos aspectos tecnológicos do mundo contemporâneo como às telecomunicações com e sem fio, a aplicação da Física na área da medicina, engenharias, funcionamento de aparatos tecnológicos de uso diário como smartphones, computadores, CD'S, DVD'S, internet, etc. Estes aspectos da educação tecnológica estão contemplados nos eixos apontados nos PCN+, mas têm sido tratados de maneira insatisfatória nas escolas, sejam por deficiência na formação dos professores (muitos dos quais não tem formação específica na área de Física), ou seja pela deficiência existente nos materiais e livros didáticos disponíveis, ou pela ausência de laboratórios. Além da falta de uma formação geral dos estudantes, os jovens oriundos do ensino médio que se dirigem para o ensino superior têm se defrontado com a cobrança de temas relacionados à Física Moderna nos vestibulares das universidades. Esta cobrança vai além da memorização conceitos, definições ou fórmulas matemáticas exigindo que o estudante reflita sobre situações reais. Com isso, os professores do ensino médio têm sido pressionados pelas circunstâncias a atualizar-se, buscando formação complementar através da discussão com colegas ou mesmo nas universidades.

Atualmente nossa sociedade tem acesso a uma infinidade de informações sobre novas tecnologias muitas das quais estão relacionadas às áreas da Física Moderna. Por outro lado, os conteúdos e conceitos da disciplina de física no ensino médio concentram-se no desenvolvimento científico e histórico entre os séculos XVI e XIX. O foco dessa atividade não se trata aqui de propor o abandono destes conceitos, mas sugerir formas de complementá-los e enriquecê-los com aspectos atuais da Física Moderna.

Diante do que foi exposto acima e tomando como referência a Física Moderna no ensino médio, vem-se que tal disciplina está sendo apresentada aos alunos como um conjunto fixado de conhecimentos, sendo ministrada de modo tradicional, recorrendo a cálculos,



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

fórmulas e conceitos totalmente descontextualizados da realidade dos alunos. Porém, os novos paradigmas educacionais exigem, pois, que o processo de ensino e aprendizagem se torne algo significativo, buscando adequar os conhecimentos da física à realidade do aluno, por meio da transposição didática, lançando mão de tecnologias que subsidiem a prática do professor e facilitem a assimilação dos conteúdos pelos alunos. Para tentar mudar esse quadro nas escolas públicas da cidade de Iguatu/CE, propõe-se levar aos estudantes do ensino médio atividades práticas de laboratório, juntamente com discussões a sobre fatos históricos e filosóficos sobre o início da física quântica. Assim, neste trabalho tem-se como objetivo apresentar o ensino de Física Moderna de forma instigante aos estudantes, utilizando-se do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física/LAPEF da Faculdade de Educação, Ciências e Letras de Iguatu/FECLI como ferramenta que auxilie no processo de ensino e aprendizagem dos alunos. Para isso, será executado inicialmente a apresentação histórica do advento da física quântica, os principais cientista e as suas problemáticas da época, conseqüentemente, atividades experimentais no laboratório que faça uso do conjunto de medição da constate de Planck, podendo introduzir o aluno em artifícios experimentais mais sofisticados garantindo-se a melhoria da qualidade de ensino, através de uma apresentação prática das teorias física que estão expostas apenas nos livros quando tem-se o método de ensino tradicional. Com isso, a história e ideias iniciais para o advento da física quântica irão surgir juntamente com as atividades práticas e os questionamentos a seguir: O que é constante de Planck? O que significa energia quantizada?

Uma Estratégia Histórica e Experimental para o Ensino de Física Moderna

Assuntos científicos podem ser utilizados com bastante eficácia em sala de aula, pois seus conceitos são importantes para o ensino de Física Moderna, abordando a temática da Física Quântica, pois esse conteúdo aborda termos como radiação do corpo negro, quantização da energia, emissividade de fótons, etc. Elementos estes importantes para uma melhor compressão do estudo da Física Moderna pós século XIX. Assim, podemos combater a crítica de Oliveira (2007, p.447) na qual afirma que o ensino de Física no nível médio “não tem acompanhado os avanços tecnológicos ocorridos nas duas últimas décadas e tem se mostrado cada vez mais distante da realidade dos alunos” e Moreira (2007, p.172) em sua fala na qual repreende a falta de contemporaneidade dos conhecimentos ensinados: “(...) não tem sentido que, em pleno século XXI, a Física que se ensina nas escolas se restrinja à Física (Clássica) que vai apenas até o século XIX”.



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

Assumindo o que Meggiolaro e Betz defendem em que diz:

“discussão da radiação do corpo negro é o primeiro passo que o professor pode colocar em seu planejamento de ações em sala de aula e metodologias, referente à introdução da Física Moderna, explorando historicidade, simulação computacional e uso de equipamentos”.
(MEGGIOLARO e BETZ, 2012).

Além disso, esse conteúdo pode ser trabalhado em laboratório. Cavalcante e Haag (2005), desenvolveram um aparato destinado principalmente ao ensino de graduação, porém é bastante utilizado com alunos do Ensino Médio. Os autores apresentam um experimento de baixo custo para o estudo da distribuição espectral, no qual a seleção e a detecção se processam através de LED's. Os mesmos afirmam que o experimento ajudou os alunos a compreenderem melhor a distribuição em frequência da radiação de um corpo negro, permitindo ainda a determinação experimental da constante de Planck.

O que pretende-se neste trabalho é aplicar junto aos alunos de ensino médio uma forma distinta de ensino de física moderna, onde o método de ensino tradicional é deixado de lado e, passa-se a usar das ferramentas experimentais e histórica da física moderna, em particular as ideias iniciais da física quântica.

Inicialmente será trabalhado a parte histórica do nascimento da física quântica, na qual é colocado em debate e discussões, juntamente com os alunos, os temas e acontecimentos físicos do final do século XIX e no início do século XX. Criando assim um ambiente favorável para compreensão dos conceitos que serão ressaltados futuramente com as aulas experimentais.

Em seguida, tem-se as atividades experimentais utiliza-se um equipamento apropriado para esse estudo, a saber o painel constante de Planck. Com isso, será visto como as atividades experimentais são importantes, pois, por meio das mesmas podemos trabalhar a aplicabilidade do conhecimento teórico sobre a ciência em estudo.

Diante do que expormos acima, as aulas de física moderna poderá ser ministradas seguindo a descrição das seções seguintes: parte histórica sobre o nascimento da física quântica, onde surgiu a ideia de Planck de quantização da matéria e, também, o efeito fotoelétrico explicado por Einstein, na qual ressurge a constante de Planck nesta explicação e, por fim, tem-se o relato da aula experimental para a medição da constante de Planck.



O Nascimento da Física Quântica

No término do século XIX havia um debate, entre os países europeus industrializados, sobre qual a melhor forma de iluminação de suas cidades. Tinham-se então duas opções: a iluminação a gás e a elétrica. Entretanto, para saber qual a forma de iluminação que oferecia mais luz com os mesmos custos precisava realizar medições físicas exatas. Conseqüentemente, essas medições físicas precisam ser feitas em um laboratório apropriado, que foi criado em 1887 na Alemanha.

Surgiu a seguinte pergunta: como saber qual a melhor fonte de luz, após as medições físicas? A resposta a esta indagação é que tinha-se que encontrar a fonte de “luz ideal”. Pois na comparação entre as duas diretamente, a luz emitida por elas depende de inúmeras circunstâncias do material que as constituem. No entanto, os físicos já haviam encontrado tão fonte de luz ideal. Tratando-se de um espaço oco. Uma cavidade onde a fonte luz no seu interior depende apenas da temperatura de suas paredes, e não da sua constituição do material. Como isso seria possível? De maneira simples, sabemos que quando aquecemos as paredes de uma cavidade elas ficam incandescentes, conseqüentemente emitem luz. No mesmo instante, as paredes também absorvem luz. Esta luz refletida é a responsável pela visualização do objeto. Portanto a quantidade de luz no interior da cavidade se equilibrará, após certo tempo, ou seja, quando a mesma medida de luz que é refletida também é absorvida. Fazendo com que a luz nesta cavidade não aumentaria indiscriminadamente. Assim a quantidade de luz em equilíbrio dentro do corpo depende apenas da temperatura. Visto que, quando mais quente as paredes mais luz haverá lá dentro. E não dependerá da matéria constituinte da cavidade, pois a proporção da quantidade de luz emitida e absorvida pelas paredes da cavidade é igual para todos os corpos. Mostrando que esta é a fonte de luz ideal que se precisa para comparar a todas as fontes de luz.

Nesta comparação precisa-se emitir essa luz ideal. Para isso, pega uma cavidade grande, que se encontre equilíbrio térmico, e faz-se um pequeno furo, onde se possa escapar o menos valor possível de luz em relação a que está dentro da cavidade. Com isso, ela não terá nenhum efeito sobre a natureza da luz dentro da cavidade. A essa radiação que escapa chamamos de “*radiação de corpo negro*”. Ela muda de acordo com a temperatura. Quanto mais quente as paredes da cavidade mais intensa a será a luz ideal. Não somente a intensidade



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

varia mais também a cor, que é definida pelo comprimento de onda da luz, muda com a variação da temperatura. Passando do vermelho, até o branco. Portanto essa radiação do corpo negro é exatamente a nossa fonte de luz ideal, que pode servir finalmente como fonte de comparação para a luz a gás ou para luz elétrica.

Apesar de ter a fonte de luz ideal, os físicos não foram capazes de dar uma explicação estritamente teórica para as mudanças de intensidade e de cor da luz ideal. Não se encontrava uma relação pela cavidade e comprimento de onda (cor).

No entanto, Rayleigh e Jeans deduziram uma equação que supostamente correspondesse à curva dos dados experimentais (figura 1), ou seja, prever a intensidade de luz medida em cada comprimento de onda (cor).

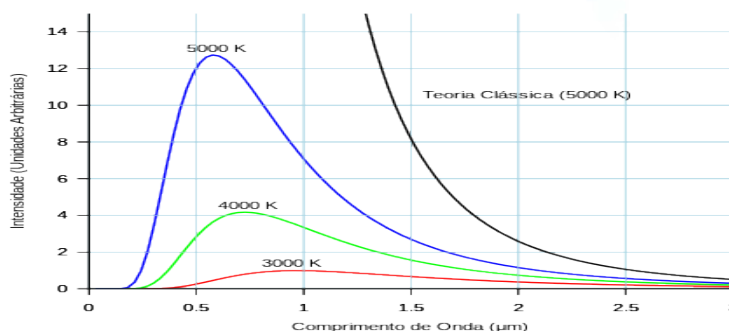


Figura 1: Quando a temperatura diminui, o pico da curva de radiação do corpo negro se desloca para menores intensidades e comprimento de onda cada vez maior. A emissão da radiação do corpo negro é comparado com o modelo clássico de Rayleigh e Jeans.

Mas a lei de Rayleigh-Jeans estava errada, como mostra a curva da teoria clássica (fig.1). Segundo ela o comprimento de onda cada vez mais curtos (do visível ao ultravioleta) da luz emitida da cavidade, sua intensidade irá aumentando, sem nenhum limite. A ascensão até o infinito na extremidade ultravioleta é conhecido como “*catástrofe do ultravioleta*”.

A solução desse enigma veio pelas mãos de um físico alemão chamado Max Karl Ernest Ludwig Planck (1858-1947). Após ser nomeado como professor da Universidade de Humboldt de Berlim, ele teve um contato pessoal constante com os físicos experimentais, em particular com Heinrich Rubens (1895-1922). Dessa maneira, Planck se familiarizou bastante com os resultados das medições da radiação do corpo negro.

Na noite de 7 de outubro 1900, Max Planck recebe em sua casa a visita de Rubens. Este lhe relata os últimos resultados acerca da radiação do corpo negro. Nesta mesma noite,



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

Planck escreve a fórmula que obteve através dos dados deixado por Rubens em sua casa e a envia para examinar. Poucos dias depois, Rubens responde afirmando que ela concorda perfeitamente com os resultados experimentais.

Planck apresenta a sua fórmula em 19 de outubro a Sociedade de Física em Berlim. E das fórmulas propostas, a de Planck era a que melhor se ajustava aos dados experimentais. Na semana seguinte Max Planck dedicou todo seu tempo em tentar “dotar a fórmula de um significado físico”.

No dia 14 de dezembro de 1900, ele mostra a sua justificativa teórica para a fórmula que obteve. Para isso introduziu o seu conhecimento de *quantum* (unidade mínima) de energia. Este momento é considerado como o nascimento da Física Quântica.

O cientista alemão imaginava, nos sólido, certas partículas em vibração que absorviam e emitiam luz. Então, como ele próprio disse que foi “*ato de desespero*”, teve que imaginar a energia como uma grandeza descontínua, ou seja, divida em unidades mínimas. Algo que não é aceito pela Física Clássica, pois para ela a energia, tempo e o espaço são grandezas contínuas, ou seja, infinitamente divisível. Assim, segundo Planck, a energia era quantizada entre as partículas vibrantes dos sólidos, ou seja, a energia nos sólidos só poderia ser emitida ou absorvida em unidades discretas de energia. Na qual foram chamadas de *quantum* de energia.

Esta hipótese admitia também que a energia (os quanta de energia) se determinava exclusivamente pela frequência de oscilações dessas partículas, e por uma nova grandeza física conhecida de “*constante de Planck*”. Daí a famosa equação.

$$E = h \times f,$$

onde h é a constante de Planck, cujo seu valor é $6,62 \times 10^{-34} J.s$. Que é uma expressão matemática onde Planck quantifica a energia associada a essas partículas, nos sólidos, em vibração.

Apesar de o trabalho Planck ter sido a perfeita explicação para a radiação do corpo negro, muitos dos seus contemporâneos a ignoravam e alguns a combatiam. Por envolver ideias que até então, iam contra ao senso comum na física, o próprio Planck também tentou por um tempo uma nova explicação. Entretanto, não chegou a lugar algum.



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

Einstein e o efeito fotoelétrico: surge novamente a constante de Planck

Em 1887 Henrich Hertz em uma de suas experiências demonstrou a validade da teoria de Maxwell, produzindo e detectando ondas eletromagnéticas. Mais neste momento de união nas leis da eletricidade e magnetismo, Hertz também observou que seu experimento se comportava de forma diferente quando uma descarga elétrica, entre dois eletrodos, ocorre mais facilmente se os eletrodos estiverem expostos à luz, proveniente da fâsca produzida no catodo. Esta sua observação importante, que logo foi explicada pelo fato da luz ejetar elétrons da superfície metálica do catodo, foi o descobrimento de uma das primeiras evidências experimentais de quantização, que é chamado de “efeito fotoelétrico” a toda emissão de elétrons de uma superfície, devido à incidência de luz sobre ela.

Várias foram às tentativas de explicar o efeito em termo da teoria ondulatória clássica da luz. Mas todas elas se mostravam insuficientes para justificar como a luz expulsa os elétrons da superfície metálica de maneira imediata. Somente no ano de 1905, Albert Einstein (1879-1955) solucionou este problema quando publicou seu trabalho sobre o efeito fotoelétrico, que colocava em questão a teoria clássica da luz.

Einstein propôs que a radiação eletromagnética de frequência f consiste em quanta de energia, que mais tarde foram chamados de fótons. Portanto, a luz a qualquer frequência é constituída por esses pequenos pacotes de energia ou fótons, dados por:

$$E = h \times f.$$

Que é a mesma forma de Planck, embora Einstein a tenha formulado de forma diferente. Assim ele sugeriu que a energia eletromagnética irradiada se propagava em pacotes de energia, algo que Planck não admitia, pois para ele a energia se espalhava como uma onda preenchendo todo o espaço e somente a absorção e emissão de energia nas paredes dos sólidos é que seria quantizada.

Einstein então sugeriu que a luz não mais se comportava como uma onda e sim como partícula. Na qual cada fóton constituinte da luz transfere sua energia a um único elétron, facilitando a expulsão dessa partícula carregada do metal. Este elétron ao ser emitido do metal tem certa energia cinética, dada por:

$$E = h \times f - W.$$



Que é a equação de Einstein do efeito fotoelétrico, onde hf é a energia do fóton incidente e W é o trabalho necessário para remover o elétron da superfície metálica devido aos campos atrativos dos átomos. Com esta hipótese, Einstein conseguiu explicar tal efeito em perfeita concordância com os resultados experimentais e colocar em dúvida uma das “certezas” da física clássica, que a luz se comporta como uma onda. Curiosamente, foi em um detalhe do experimento de Hertz, no qual consagrou teoria de Maxwell, onde a luz é uma onda de oscilações dos campos elétrico e magnético, que também mostrou a própria luz é formada de partícula.

Descrição Experimental da Medição da Constante de Planck

Nesta seção iremos descrever como procedemos para a realização do experimento que deverá ser aplicados após a apresentação histórica que expomos acima. Neste caso, tal relato deverá servir como modelo para a realização da atividade nas escolas juntamente com os alunos.

No experimento foi usado o equipamento para determinação experimental da constante de Planck. Coletamos dados experimentais nos quais foram analisados em conjunto com um modelo matemático de Planck para calcular o valor da constante que leva seu nome através do software que acompanha o experimento.

Ajustamos a resistência de modo que a corrente máxima ficou em torno de 20mA (medida do Amperímetro), e logo em seguida ligou-se o circuito e efetuados as medidas de corrente e tensão no software, variando a tensão aplicada na fonte regulável de -5V a +5V. Configuramos o software de aquisição de dados para fazer coleta em um intervalo de cinco segundos e a cada 5ms^{-1} a coleta era realizada.

Ao ligarmos o painel e varia-se a tensão até que o LED acenda, a partir dos dados coletados pelo software e conhecendo o comprimento de onda de cada dispositivo, pode-se obter o valor da frequência emitida e, conseqüentemente, a sua energia. Com o valor da energia do fóton emitido pelo LED, verifica-se qual deveria ser o menor valor da tensão aplicada aos seus terminais que permita acender o LED. Se $e \times V_o$ (energia fornecida pelo circuito) é igual a $h \times f$ (energia do fóton), então

$$e \times V_o = h \times f.$$



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

Como $(e \times V_0)$, é a quantidade energia adquirida por uma carga igual a um elétron quando ela é acelerada por uma diferença de potencial de V_0 . Isolando h na equação acima tem-se

$$h = (e \times V_0) / f,$$

onde h , constante de Planck, e , carga elétrica elementar, V_0 é a tensão elétrica nos terminais do LED e f é a frequência de radiação emitida pelo LED. A carga elementar é conhecida, $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{C}$ e a frequência de emissão dos LED's são fornecidas pelo distribuidor.

A tensão mínima para o funcionamento do LED pode ser adquirida através dos dados obtidos pelo software que acompanha o experimento. Nele encontra-se a variação da tensão em função do tempo e a variação da corrente em função do tempo. A partir desses dados pode elaborar um gráfico da corrente em função da tensão, com o gráfico montado a partir dos dados anteriores conseguimos a tensão limiar.

Neste experimento, pelos dados disponíveis no manual que acompanha o equipamento, são conhecidos os comprimentos de onda da radiação emitida pelos LED's: vermelho ($\lambda = 645 \text{nm}$), laranja ($\lambda = 601 \text{nm}$), amarelo ($\lambda = 583 \text{nm}$), verde ($\lambda = 568 \text{nm}$) e azul ($\lambda = 470 \text{nm}$). Assim, a frequência é calculada pela relação $c = \lambda \times f$, onde $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ é a velocidade da luz emitida. Usando o valor $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ aceito atualmente para a constante de Planck, pode-se estimar o desvio percentual do valor estimado:

$$e_{\%} = \frac{h - h_e}{h}$$

Obtendo desvios de percentuais para a estimativa da constante de Planck usando o LED de emissão dos LED's.

Descrição dos Resultados

Os resultados obtidos são apresentados na tabela abaixo:

LED (cor e comprimento de onda)	Tensão necessária para acender o LED (volts)	Valor estimado de h	Desvio percentual para o LED em relação ao valor " h " tabelado (%)
D1-Vermelho($\lambda=645 \text{nm}$)	$1,92 \times 10^4 \text{ V}$	$6,605 \times 10^{34} \text{ J} \times \text{s}$	0,086



D2-Laranja($\lambda=601\text{nm}$)	$2,06 \times 10^4 \text{ V}$	$6,6 \times 10^{34} \text{ J}\times\text{s}$	0,003
D3-Amarelo ($\lambda=583\text{nm}$)	$2,12 \times 10^4 \text{ V}$	$6,59 \times 10^{34} \text{ J}\times\text{s}$	0,004
D4-Verde ($\lambda=568\text{nm}$)	$2,18 \times 10^4 \text{ V}$	$6,51 \times 10^{34} \text{ J}\times\text{s}$	0,016
D5-Azul ($\lambda=470\text{nm}$)	$2,63 \times 10^4 \text{ V}$	$6,6 \times 10^{34} \text{ J}\times\text{s}$	0,003

Tabela: Dados obtidos das atividades para a determinação experimental da constante de Planck.

Resultados condizentes com o valor proposto por Max Planck que é $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J}\times\text{s}$.

Após todas as atividades serem cumpridas, conforme o quadro, o experimento da determinação da constante de Planck verifica-se que pode realmente contribuir no processo de ensino-aprendizagem de física moderna, usando da estimativa do valor da constante h de Planck, do limiar de acendimento dos LED's até o valor obtido da constante, bem como o erro percentual, com relação ao valor tabelado é bastante pequeno, tal resultado pode ter ocorrido devido a dificuldades na interpretação dos dados obtidos pelo software.

Considerações Finais

O experimento descrito aqui é um excelente para alunos 3º ano do ensino médio, os princípios teóricos e práticos sobre física quântica podem ser introduzidos. Além de ser bastante viável para se trabalhar a história da ciência, a partir do início do século XX, demonstrando que a construção e elaboração de um conhecimento científico podem ser edificadas pelo uso de equipamentos de laboratório. O professor poderá também construir um experimento similar, segundo o trabalho de CALVACANTE (2005) “Os recursos de baixo custo e a metodologia desenvolvida constituem uma ferramenta tecnológica acessível para identificação das radiações no estudo dos mais variados tipos de estrutura, de gases a sólidos incandescentes”. Além disso, o experimento pode ser ajustado com a introdução do conteúdo de corrente elétrica e assim, outros estudos podem ser realizados durante a execução do experimento, esperamos com isso obter uma boa aceitação tanto da forma de aplicação das atividades, quanto na introdução de um conteúdo de Física Moderna conectado a outros assuntos investigados durante outros tópicos da disciplina.

Dessa forma, esperamos contribuir para o enriquecimento das abordagens experimentais como estratégia para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio e para uma melhor formação dos estudantes da rede pública de ensino.



Referências

Brasil, PCN + Ensino Médio (2002). Orientações Educacionais Complementares aos “Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias”. MEC – SEMTEC, Brasília.

CAVALCANTE, M. A.; HAAG, R. **Corpo negro e determinação experimental da constante de Planck**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 3, p. 343 - 348, (2005).

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. **Experiências em Física Moderna**. Física na Escola, v. 6, n. 1, (2005).

FEYMAN, R. P. **Física em 12 lições fáceis e não tão fáceis**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**. 9. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2014.

JUNIOR, O. P. **Conceito de Física Quântica**. vol. 1. São Paulo: Livraria da Física, 2003.

MEGGIOLARO, G. P.; BETZ, M. E. M. **Ensino da Radiação do Corpo Negro em sala de aula**. IX ANPED SUL. IX Seminário de Pesquisa em Educação da região Sul, 2012.

MOREIRA, M. A. **A Física dos Quarks e a Epistemologia**. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, pag. 161-173, 2007.

NUSSENZVEIG, N. M. **Curso de Física Básica: Ótica, Relatividade, Física Quântica**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2013.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. **Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores**. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física. v. 29, n.3, 2007.

OLIVEIRA, F.; ZWIRTES, A. **A física moderna no Ensino Médio: Fundamentos de Física Moderna**. ed: UNIJUI, 2006.

PEREIRA, S. J.; ZARA, R. A. **Determinação Experimental da Constante de Planck**.

TIPLER, P. A. ; LEWELLYN, R. A. **Física moderna**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2001.

ZEILLINGER, A. **A face oculta da natureza: o mundo novo da física quântica**. 1. ed. São Paulo: Editora Globo, 2005.