



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE.
CAMPUS SANTA CRUZ

AIRTON VIANA DA SILVA

**O EXPERIMENTO COMO MEIO FACILITADOR NA APRENDIZAGEM DA
FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO, COM MATERIAIS ACESSÍVEIS.**

SANTA CRUZ-RN
MARÇO 2017

AIRTON VIANA DA SILVA

O EXPERIMENTO COMO MEIO FACILITADOR NA APRENDIZAGEM DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO, COM MATERIAIS ACESSÍVEIS.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus* Santa Cruz, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Licenciatura em Física.

Orientador: Prof. Me. Ubaldo Fernandes de Almeida.

SANTA CRUZ-RN
MARÇO 2017

AIRTON VIANA DA SILVA

O EXPERIMENTO COMO MEIO FACILITADOR NA APRENDIZAGEM DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO, COM MATERIAIS ACESSÍVEIS.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus* Santa Cruz, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Trabalho de Conclusão apresentado e aprovado em ___/___/___, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Ubaldo Fernandes de Almeida – Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

Prof. Me. Roney Roberto de Melo Sousa – 1ª Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

Prof. Me. Caio Vasconcelos Pinheiro da Costa – 2º Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

SANTA CRUZ-RN
MARÇO 2017

Dedico este trabalho a minha família que sempre acreditou o meu potencial e sempre fizeram de tudo para me proporcionar uma boa educação.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Mestre Ubaldo Fernandes de Almeida, pela dedicação e empenho com que conduziu a orientação deste trabalho de conclusão de curso.

À Instituição pelo ambiente criativo e amigável que proporciona o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus* Santa Cruz e pela oportunidade de fazer o curso.

Aos Mestres e professores, direção e administração, que possibilitaram o espaço ao qual, hoje vislumbro uma fronteira acessível, que é o ensino superior, contagiada pelo saber oriundo dos docentes desta renomada instituição, que é o IFRN- *Campus* Santa Cruz.

Enfim, agradeço a todos que participaram direta e indiretamente, desta etapa da minha vida.

Motivação é a arte de fazer as pessoas fazerem o que
você quer que elas façam porque elas o querem fazer.

Dwight Eisenhower

RESUMO

Este trabalho mostra como é possível desenvolver, com alunos do Ensino Médio, experimentos que envolvam os fundamentos da Física Moderna e Contemporânea, utilizando materiais acessíveis e de fácil aquisição, voltados à realidade brasileira, através da realização de oficinas experimentais. Estes materiais permitem através de uma metodologia adequada, a execução de três experimentos particulares, que envolveram a constante de Planck, a espectroscopia e a difração da luz. Buscando entender e compreender esses eventos, que embasaram a Física Moderna e Contemporânea no início do século XX. Já que, o seu entendimento é visto como uma necessidade para compreender os fenômenos ligados a situações vividas pelos estudantes seja de origem natural, ou tecnológica, possibilitando aos mesmos, um amplo panorama de como grandes pensadores do início deste século, conseguiram revolucionar o mundo moderno. Além disso, os estudantes poderão aprimorar suas habilidades motoras e cognitivas, nas aulas práticas descritas nesta produção acadêmica, participando de forma direta, montando, medindo, construindo, elaborando relatórios e analisando os dados obtidos. Adquirindo através do professor, todo um embasamento conceitual e histórico sobre cada tema proposto. Podendo também, dessa maneira, emitir suas opiniões para aprimorar cada vez mais os ensaios realizados, tornando-os assim, mais participativo e atuante nas aulas.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea; Experimentos; Metodologia adequada.

ABSTRACT

This work shows how it is possible to develop, with high school students, experiments that involve the foundations of Modern and Contemporary Physics, using accessible and easily acquired materials, focused on the Brazilian reality, through experimental workshops. These materials allow by means of an appropriate methodology, the execution of three particular experiments, which involved Planck's constant, the spectroscopy and the diffraction of light. Seeking to understand and understand these events, which supported modern and contemporary physics in the early twentieth century. Since their understanding is seen as a necessity to understand the phenomena related to situations lived by the students is of natural or technological origin, enabling them, a wide panorama of how great thinkers of the beginning of this century, have managed to revolutionize the modern world. In addition, students will be able to improve their motor and cognitive skills in the practical classes described in this academic production, participating directly, assembling, measuring, constructing, and elaborating reports, analyzing the data obtained. Acquiring through the teacher, a conceptual and historical basis on each theme proposed. It can also in this way, express their opinions to improve the tests performed, making them more participatory and active in class.

Keywords: Modern and contemporary physics; Experiments; Appropriate methodology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Idealização da configuração de bandas e lacunas para materiais	28
Figura 2. Diagrama esquemático de energia mostrando uma junção P-N	28
Figura 3. Diagrama elétrico do dispositivo <i>do Painel de LED's</i>	30
Figura 4. Painel de LED's utilizado, multímetro, da fonte de alimentação	30
Figura 5. Gráfico em papel milimetrado	32
Figura 6. Ilustração da refração da luz, em que ela é transmitida de um meio, para outro diferente.	35
Figura 7. Luz Policromática.	35
Figura 8. Prisma Reconstituindo Luz Branca.	36
Figura 9. Ordem do Espectro.	37
Figura 10. Distância dentro da caixa	39
Figura 11. Foto da Caixa.	40
Figura 12. Desenho da caixa.	41
Figura 13. Material utilizado no experimento 2	41
Figura 14: Cortando o CD.	41
Figura 15. Raias espectrais de uma lâmpada fluorescente de 40 W	42
Figura 16. Raias espectrais de uma lâmpada de filamento de 100 W.	42
Figura 17. Experimento com régua milimetrada.	42
Figura 18. Experimento com régua milimetrada.	43
Figura 19. Desvios das Bordas.	45
Figura 20. Experiência de Young.	46
Figura 21. Experimento de Young.	47
Figura 22. Experimento montado	48

Figura 23. Símbolo do LED.	61
Figura 24. Circuito de Ligação.	62
Figura 25. Imagem feita por uma câmera de um smartfone.	65
Figura 26. Franjas de onda produzida pelas raias do CD.	69
Figura 27. Medição das distâncias entre as franjas de onda produzidas pelas Raias do CD.	69
Tabela 1. Coleta dos Dados	31
Tabela 2. Comprimento de onda x distância	44
Quadro 1. Valores para encontrar a distância de cada faixa do espectro	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FMC – Física Moderna e Contemporânea.

FMCEM – Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

LED's – Diodo Emissor de Luz

EFM – Ensino de Física Moderna

EFMC – Ensino de Física Moderna e Contemporânea

EJA – Educação de Jovens e Adultos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	16
3. O EXPERIMENTO E O ENSINO	19
3.1 O EXPERIMENTO NA EDUCAÇÃO	21
3.2 O USO DE EXPERIMENTOS ACESSÍVEIS NO ENSINO DE FÍSICA	23
3.3 O USO DE EXPERIMENTOS ACESSÍVEIS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA ...	24
4 PERCURSO METODOLÓGICO.....	26
EXPERIMENTOS	27
4.1 EXPERIMENTOS 1: CONSTANTE DE PLANCK	27
4.2 EXPERIMENTO 2: ESPECTROFOTÔMETRO	33
4.3 EXPERIMENTO 3: DIFRAÇÃO DA LUZ.....	43
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS	53
APÊNDICES	58
APÊNDICE A - RELATÓRIO: MEDIÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK USANDO LED'S	59
APÊNDICE B - RELATÓRIO ESPECTROFOTÔMETRO	61
APÊNDICE C - RELATÓRIO DIFRAÇÃO DA LUZ.....	64

1. INTRODUÇÃO

Até o fim do século XIX, muitos físicos acreditavam que as realizações na física, haviam sido completadas, restando para os futuros cientistas, apenas algumas meras experiências a serem realizadas, com pequenos ajustes a serem corrigidos em certas teorias. Os acadêmicos e cientistas dessa época achavam que haviam com isso, produzido uma ciência madura e relativamente completa. No entanto, certo número de teorias mal resolvidas, ainda constava como verdadeiro enigma para alguns teóricos da comunidade científica. Relembrando YOAV BEM – DOV (1996),

A partir do século XVII, a mecânica de Newton foi vista como o emblema de uma teoria única, que proporcionava uma descrição genuína do que acontece no mundo real. É verdade que os físicos no século XIX, pensavam em já terem descoberto tudo sobre a Física, havia exemplos de teorias perfeitamente científicas, como a teoria do calórico ou a teoria corpuscular da luz, às quais havia sido necessário finalmente renunciar, e já se podia prever que os saberes da física, não são jamais definitivos. (YOAV BEM – DOV, Convite a Física, pag. 128)

Novos raios e radiações foram descobertos perto do fim do século dezenove, que ajudaram a estabelecer (entre outras coisas) o modelo moderno do átomo. Estes incluíram a descoberta (por William Crookes e outros) de raios catódicos dentro de tubos de descarga; A descoberta de Wilhelm Conrad Röntgen, em 1895, dos raios X que emanam de tubos de descarga; e descoberta de Antoine-Henri Becquerel em 1896 que os sais de urânio eram radioativos. Cada um deles levou a novos desenvolvimentos científicos e não parou por aí, em 1897, Joseph John Thomson identificou os raios catódicos como carregado por partículas negativas e chamo-as de "elétrons" e, um ano mais tarde, foi capaz de medir a carga diretamente. Em 1898, Ernest Rutherford identificou dois tipos diferentes de radiações de urânio, chamando-os alfa e beta. Em 1902 e 1903, ele e Frederick Soddy demonstraram que o decaimento radioativo foi devido à desintegração de elementos pesados em elementos ligeiramente mais leves. Em 1911, ele espalhava em um experimento, partículas alfa em uma folha de ouro fino e explicou a dispersão dessas partículas, pela presença de um núcleo atômico, carregado positivamente. No meio dessa onda de descobertas científicas no início do século dezenove, ainda foi incrementado o estudo da radiação de corpo negro (corpo que absorve toda a radiação que recebe), que produziu resultados que são cruciais para o desenvolvimento inicial da mecânica quântica. Além disso, a teoria clássica se mostrou incapaz de explicar as curvas de frequências de ondas, especialmente em comprimentos de

ondas mais baixos. Em 1900, o físico teórico alemão Max Planck resolveu o problema do corpo negro formulando uma constante em que a energia era distribuída em pequenas unidades isoladas em forma de *pacotes* e desenvolveu uma constante para isso, que denominou de h , cujo valor é $6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s, derivada da curva de intensidade, usando os métodos estatísticos do físico austríaco Ludwig Eduard Boltzmann. Apesar de atingir excelentes resultados com os dados obtidos, Planck estava hesitante em aceitar sua própria teoria, devido à sua aversão por métodos estatísticos. No entanto, esta ideia foi claramente enunciada por Albert Einstein em seu artigo sobre o efeito fotoelétrico e a teoria da relatividade restrita e geral, tendo Einstein utilizado veementemente essa constante, praticamente, em todo os seus artigos no “*annu mirabilis*” ano em que fez a maioria de todos os seus trabalhos para a Física. Ainda lembrando YOAV BEM – DOV (1996)...

Todavia, a mecânica de Newton, parecia estar fora dessa realidade, e muitos físicos acreditavam que, se outras disciplinas conseguissem alcançar seu grau de perfeição, a física em geral ofereceria uma representação absolutamente fiel da realidade, ou seja, não tinha mais nada para se descobrir no ramo da física, ficando só algum aperfeiçoamento dessas ou daquelas equações. Ao qual, obrigara os físicos a rejeitar componentes fundamentais da teoria de Newton - como sua lei da gravitação e a relação constante entre a força e a aceleração. Com a divulgação da teoria da relatividade de Einstein, desabava uma pancada enorme, neste último baluarte da certeza científica da época. (YOAV BEM – DOV, Convite a Física, pag. 129)

Com base nesse contexto histórico da física no final do século XIX e o início do século XX, é que propomos esse trabalho, cujo objetivo é desenvolver experiências voltadas para o Ensino Médio, que permitam aos alunos compreenderem melhor a abordagem e aspectos importantes da Física Moderna de forma atraente e simples, porém sem perder de vista o rigor científico característico de todo o processo envolvido. É também nossa preocupação, apresentar propostas que sejam de fácil realização e de custo acessível de modo a tornar viável a sua aplicação.

Nosso objetivo com esses trabalho é desenvolver experimentos em Física Moderna e contemporânea, que possa contribuir e transmitir aos alunos, uma visão mais correta dessa ciência e da natureza do trabalho científico, superando a visão linear do desenvolvimento científico, hoje presente nos livros didáticos e nas aulas de Física. Aliado a um consenso existente na comunidade de professores e pesquisadores da área de ensino de Física, acerca da importância e necessidade de inserção da FMC.

Tendo em vista que em nosso cotidiano, nos deparamos cada vez mais com novos aparelhos eletrônicos (por exemplo, o computador) e CDs players, displays de cristal líquido, leitoras óticas, fotocopiadoras, impressora laser, etc., dispositivos automáticos (portas e torneiras automáticas), sistema de controle (portão eletrônico, controle remoto de televisão), novos usos do laser em medicina nas telecomunicações (fibras óticas), além de aplicações em várias áreas industriais.

Tudo isso e muito mais está presente em casa, nas lojas, nos hospitais, supermercados, carros, aeroportos e, por que não, também nas próprias escolas. Jornais, rádios e a TV estão constantemente anunciando novos avanços tecnológicos que logo estarão sendo incorporados ao nosso dia-a-dia.

Considerando-se tudo isso e tendo como base a importância desta inserção, propõe-se, neste trabalho, algumas atividades experimentais, confeccionadas com materiais de fácil acesso, que aborda alguns dos principais tópicos de Física Moderna e Contemporânea, a partir do eletromagnetismo de Maxwell até concepções de Física Nuclear.

Essas tarefas podem ser exploradas de forma coerente, associando-se os fenômenos com alguma utilização das tecnologias no dia a dia pelos alunos. Ao trabalhar os experimentos, podemos incentivar os alunos a investigarem o que acontece no decorrer de sua execução e, por meio de perguntas, levá-los a expressar as suas ideias prévias na tentativa de explicarem o funcionamento desses experimentos. Essa articulação vinculada à interação social em sala de aula pode despertar a curiosidade e a motivação dos estudantes em aprenderem os conhecimentos trabalhados.

Como forma de organizar o presente trabalho, apresentamos no capítulo dois, a revisão da literatura, na qual embasamos o nosso trabalho, mostrando alguns trabalhos já realizados nessa área.

No capítulo três, mostramos que o problema com o ensino de Física Moderna e Contemporânea é remoto longínquo e deficitário onde os alunos estão com sérios problemas com a disciplina básica para a compreensão da Física. Propomos também, uma maneira didática alternativa e de fácil acesso aos discentes, através de experiências simples. Além de enfatizarmos a importância do experimento no Ensino de Física Moderna, fundamentados em obras e trabalhos anteriores:

No capítulo quatro, descrevemos todo o percurso metodológico, para a realização deste trabalho, bem como informações da instituição aonde foi realizado o projeto, além de singularizar caracteristicamente a turma na qual foi executada toda a atividade deste TCC:

No quinto capítulo, temos os resultados e discussões sobre o trabalho, embasados em autores que já fizeram trabalhos semelhantes, além de enfatizar o quão é prática e econômica a utilização de materiais acessíveis para os experimentos em Física Moderna e Contemporânea:

No sexto e último capítulo, temos as considerações finais do trabalho, lembrando a importância de ensinar FMC nas escolas, já que essa etapa da vida em que eles estão no ensino médio, é para muitos estudantes, o último contato com a FMC. Enfatizando também que os PCNS cobram esse saber das instituições de ensino, além de vários autores e pensadores na área da educação, alertarem para esse fato.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Existem, atualmente, na literatura científica vários trabalhos referentes a utilização de experimentos para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio, embora eles não abordem de maneira tão explícita o tema como o trabalho aqui apresentado e em geral, só apresentam um experimento por artigo. Além disso, verifica-se que muitos suprem os detalhes da construção e realização das atividades propostas, retendo-se, na maioria das vezes, nas teorias oriundas dos experimentos.

Dentre os trabalhos, queremos destacar o de CAVALCANTE e BENEDETTO (1999). Esse trabalho versa sobre a confecção de espectroscópio caseiro possibilitando determinar experimentalmente os comprimentos de onda das linhas características de uma lâmpada de mercúrio, usando um CD como elemento que decompõe a luz. O trabalho apresentado nesse TCC tem como principal concordância com o de Cavalcante e Benedetto, a utilização de materiais de fácil acesso bem como uma maneira simplificada de confeccionar.

Outro trabalho muito interessante é o de LABURÚ (2005). Essa obra investiga, inicialmente, as justificativas dadas para a escolha de determinados experimentos e equipamentos em aulas, no Ensino Médio. Tentando compreender as justificativas que existem por trás dessas escolhas, evidenciando os modelos de experimentos escolhidos. Em conjunto com o trabalho acima descrito, esta produção acadêmica, evidencia a importância da aquisição de materiais reutilizáveis e de fácil acesso pelos alunos e professores, para realizar os experimentos em FMC.

Na linha de trabalhos relacionados às oficinas, mencionaremos o artigo de CAVALCANTE e TAVOLARO (2000). Esse artigo mostra como é possível discutir os fundamentos da Física Moderna no Ensino Médio, a partir do estudo do comportamento dual. Para isso, ela realiza uma pesquisa que resultou no levantamento de vários materiais didáticos de custo acessível, voltado a realidade das escolas brasileiras e que vem sendo apresentado aos professores através da realização de oficinas. Estes materiais permitem, através de uma metodologia adequada, a execução de uma série de experiências que buscam uma melhor compreensão dos fenômenos da interferência e difração, bem como o comportamento corpuscular da radiação, fornecendo a base para o entendimento adequado do princípio da dualidade e conseqüentemente, uma ampla visão da Física Moderna e Contemporânea. O nosso trabalho acadêmico tem uma grande afinidade com o de TAVOLARO (2000), no

sentido de utilizar materiais de fácil acesso como o exposto em seu certame. Porém, com uma ressalva: realizamos alguns dos experimentos propostos.

Outro análogo, que merece atenção é o de PORTO (2011). Essa produção acadêmica discute os aspectos relacionados à Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, defendendo e argumentando a existência de preocupação de natureza pedagógica e epistemológica no processo de ensino e aprendizado dos alunos no Ensino Médio. Com ênfase na busca de mudanças no currículo escolar dessa categoria. Indicando novos caminhos para melhorar o sistema de ensino de FCEM, mostrando novos materiais de preço com custo acessível, para melhorar o aprendizado e auxiliar no entendimento do tema espectroscopia. O trabalho de conclusão de curso aqui exposto compartilha com as ideias do trabalho de PORTO (2001), no aspecto do tema espectroscopia, porque ambos utilizam respectivamente, materiais de fácil aquisição para a realização dos experimentos compartilhando suas ideias no processo de ensino e aprendizagem do aluno.

Na sequência, existe um trabalho nesta área de FCEM, que se destaca nos meios acadêmicos, realizado por três professores de Física Moderna e Contemporânea, NAKAMURA (2009), SODRÉ (2009), DA SILVA, (2009). Esse trabalho tem como finalidade fazer uma interação entre a teoria e a parte experimental da Física Moderna, a fim que o aluno saiba como funcionam certas tecnologias que são aplicadas em seu cotidiano, utilizando, para isso, o efeito fotoelétrico que nada mais é do que a emissão de elétrons provocada por ação da luz ou radiação eletromagnética em geral. Nessa perspectiva, foi realizada pelos autores do projeto uma análise de conteúdo sobre a literatura utilizada nos livros didáticos de Física do Ensino Médio, verificando se os autores estão inserindo a contextualização e a prática de experiências em Física Moderna de forma que possam ser aplicados em sala de aula nos respectivos compêndios. Eles também analisaram sites para saber se há conteúdo de fácil entendimento de Física Moderna e experimentos aplicáveis pelo professor, em sala de aula, com uma boa relação custo benefício. Dentre os trabalhos apresentados neste texto, a composição dos três professores logo acima é o que mais se assemelha e tem aspectos em comum com o nosso empreendimento, porque utiliza vários recursos que demonstramos em nossa laboração acadêmica.

Vale aqui salientar neste trabalho de conclusão de curso a existência singular de dois artigos acadêmicos; de VALADARES (2004) e MOREIRA (2004). Nesses artigos, são apresentadas sugestões, conceituais e práticas, de como introduzir no ensino médio tópicos de Física Moderna relacionados com o cotidiano dos alunos, dando uma ênfase especial a

experiências de custos acessíveis que permitem uma interação direta de alguns dos princípios de Física Moderna e Contemporânea com as tecnologias atuais do cotidiano dos alunos, visando, com isso uma melhor atenção e compreensão dos mesmos na disciplina de FMC. Esta última apresentação de obras acadêmicas é bastante compartilhada em nosso TCC, porque utiliza os mesmos recursos de materiais acessíveis em sua composição, tornando uma base de suma importância para a realização deste.

No próximo capítulo, apresentaremos a importância do experimento para o ensino de um modo geral e especificamente para o ensino de física moderna.

3. O EXPERIMENTO E O ENSINO

É de longa data que o ensino Física Moderna e Contemporânea, vem passando por uma série de adversidades. Os jovens estudantes queixam-se periodicamente que a disciplina de Física é enfadonha, complicada, sem utilidade prática, com várias equações que exige muito conhecimento em Matemática. Aliado a isso, boa parte dos estudantes tem sérios problemas com a parte básica de Matemática, “a falta de conhecimentos básicos em leitura e interpretação de textos, e dificuldades com a Matemática básica, são fatores que prejudicam a aprendizagem do estudante logo no primeiro contato com a Física” (CAVALCANTE, 2010). Oriundo de uma formação deficitária na matéria, na maioria das vezes, no ensino fundamental. Com isso, encontram muitos problemas na disciplina de Física, quando chegam ao Ensino Médio. Além disso, os docentes dizem que por mais que se esforcem para explicar o conteúdo, os alunos, na maioria das vezes, não conseguem assimilar o mínimo necessário.

Segundo TERRAZAN (1997), "isto nos coloca diante de um enorme dilema, qual seja, como ensinar uma ciência que consideramos importante para a formação da cidadania, quando os jovens, futuros cidadãos, não a apreciam e nem a consideram relevante".

Vale salientar que para a maioria dos estudantes do Ensino Médio o único contato com a disciplina de Física será esse. Pois, a maioria só estuda até concluir o segundo grau. Segundo o levantamento realizado pela Organização Não-Governamental, Todos Pela Educação. Com base em dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio 2013, mostra que os jovens brasileiros entre 15 e 17 anos estão distribuídos da seguinte forma: 19,6% ainda frequentam o Ensino Fundamental; 45,3% estão matriculados no Médio; 1,7% cursam a Educação de Jovens e Adultos (EJA); 2,6% estão no Ensino Superior; 0,3% fazem pré-vestibulares; 25,7% não estudam e não concluíram o Ensino Médio e 5,9% não estudam, mas já finalizaram essa etapa de ensino. Desigualdades regionais e socioeconômicas agravam esse quadro. Ainda lembrando que vários jovens se escrevem em cursos superiores e que nunca mais, verão a disciplina de Física novamente. Relembrando TERRAZAN (1997),

Por isso, seja qual for a interpretação dada, todos os aspectos básicos relativos à construção desta área do conhecimento humano precisam, necessariamente, ser contemplados no Ensino Médio. A Física desenvolvida na escola média deve permitir aos estudantes pensar e interpretar o mundo que os cerca, é nesse ambiente, que o cotidiano vivido pelos alunos assume um papel fundamental na definição das

formas de abordagens dos conteúdos previamente definidos como relevantes. (TERRAZAN 1997).

Neste trabalho, propomos ministrar aulas experimentais com materiais de fácil acesso como uma alternativa didática "motivadora". Além disso, ser moderno e inovador, na medida em que possa auxiliar os professores de física com os recursos disponíveis de fácil acesso, e dando fundamentação teórica para que sua "práxis" não se limite a um ativismo, mas em ações e reflexões, buscando a relação dos conhecimentos físicos, através da experimentação, mas de forma crítica.

Há vários anos este tipo de despertar era introduzido no curso secundário através das chamadas aulas demonstrativas, onde as explicações e argumentos teóricos dos conceitos básicos da ciência eram exemplificados e demonstrados. Infelizmente isto não é feito mais e os estudantes chegam à Universidade achando que os conhecimentos básicos em ciência não passam de um mero exercício acadêmico e só existem nos livros, nada tendo a ver com a vida real. (BARREIRO E BAGNATO p. 238-244, dez. 1992).

No ensino superior, já são comuns as aulas experimentais, nas quais a discussão de teorias e suas definições são auxiliadas com demonstrações feitas na sala, onde o estudante observa e acompanha o desenvolvimento de experimentos. Porém, a realidade no Ensino Médio está longe desse ambiente, pois encontramos uma série de dificuldades, que vão de financeiras a estruturais.

A despeito das dificuldades encontradas em nossas escolas secundárias, os professores muito raramente abrem espaço na sua programação para inserir atividades experimentais. Simples demonstrações que sejam jamais serão realizadas. Apesar dos professores admitirem que são limitadas, do ponto de vista da aprendizagem dos alunos, as aulas expositivas continuam dominando o cenário da Física escolar. Pior ainda, sempre baseadas em alguns dos livros didáticos de Física, normalmente de péssima qualidade, que inundam as nossas livrarias. (TERRAZAN p. 103, 1996).

Enfatizando BAROLLI (1998),...

De quem é a culpa? Do aluno? Do professor? Do livro didático? Da falta de laboratórios? Parece que a questão não é julgar o culpado, mesmo porque num processo de aprendizado estão em jogo muitos fatores que são interdependentes, de reconhecer que aluno, professor e instrumentos didáticos precisam se compor de tal forma, que o aprendizado se dê de forma mais harmoniosa e agradável. (BAROLLI 1987).

Com isso, o ensino de Física Moderna e Contemporânea, no Ensino Médio está fadado a desaparecer? Sabe-se que não. Isso só significa que temos que trazer novos métodos de ensino para que os jovens permaneçam na sala de aula e tragam o seu dia a dia para dentro da disciplina de Física, só assim o estudante se interessará e não colocará uma barreira

psicológica para o seu aprendizado, mesmo porque, eles são indicadores das transformações que ocorrem no cotidiano escolar, por isso devemos repensar a educação como um todo.

3.1 O EXPERIMENTO NA EDUCAÇÃO

As reformas curriculares nas últimas décadas deram um passo imenso em relação ao ensino usando o laboratório de Física, utilizando experimentos como forma de auxiliar os alunos no aprendizado destas disciplinas. Os docentes na área das ciências da natureza, que compreendem as disciplinas de Física, Biologia e Química, concordam que a melhoria do ensino passa pela incorporação de aulas experimentais na grade do currículo escolar dessas disciplinas em nosso país. Conforme GONÇALVES e GALIAZZI (2004),

Desenvolver atividades experimentais em uma perspectiva dialógica mediada pelas ferramentas culturais, especialmente a leitura e a escrita, ajuda para superar entendimentos empiristas de ciências que mostram ter relevante contribuição na aprendizagem das teorias da ciência (GONÇALVES; GALIAZZI, 2004, p. 249).

MARANDINO, SELLES e FERREIRA (2009), afirmam que: “o ensino experimental contribui para a melhoria do ensino de Ciências na Educação Básica”. Neste sentido, se faz necessário desenvolver a experimentação cada vez mais em salas de aulas, para que o processo de ensino e aprendizagem seja qualitativo e instigue a curiosidade e o desejo de aprender nos alunos. Segundo UHMANN (2007),

Instigar a curiosidade dos alunos sobre o desenvolvimento que se encontra a ciência e como ela é apresentada nos materiais didáticos e o que está implícito nos mesmos é propor uma ação educativa que envolva o questionamento, a pergunta e a dialogicidade entre os pares (UHMANN, 2007, p. 100).

Existem solicitações constantes dos professores das instituições de ensino público e privado em nosso país, para que sejam adquiridas, construídas e equipadas, salas com laboratórios nas escolas como também, inúmeras reivindicações dos alunos, para que sejam ministradas aulas práticas nessas instituições. Para Moraes (1998), as aulas de laboratório podem exercer como um dos principais alicerces para o discernimento das aulas teóricas, pois a vivência na prática do que é estudado em sala de aula, facilita a fixação do conteúdo a ela relacionado. Para JEAN PIAGET apud GIOPPO, (1998):

A incrível falha das escolas tradicionais, até estes últimos anos inclusive, consiste em haver negligenciado quase que sistematicamente a formação dos alunos no tocante à experimentação. (...) uma experiência que não seja realizada pela própria

peessoa, com plena liberdade de iniciativa, deixa de ser, por definição, uma experiência, transformando-se em simples adestramento, destituído de valor formador por falta da compreensão (...) (GIOPPO, 2012, p. 39)

Porém, só algumas instituições de ensino pelo Brasil, tais como os Institutos Federais, as Universidades Federais, entre outras grandes instituições, conseguem ministrar essas aulas, junto com alguns poucos professores do quadro de funcionários, já que muitos docentes não se aventuram a desenvolver aulas envolvendo a prática em laboratório. Várias escolas possuem alguns equipamentos e laboratórios que, no entanto, nunca são utilizados. As razões apontadas são quase sempre as mesmas:

- A não existência de práticas pré-elaboradas, para a utilização do professor;
- Escassez de recursos para adquirir peças novas e substituir as danificadas e as utilizadas nos experimentos;
- Falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades experimentais;
- As maiorias dos professores trabalham sem nenhum auxílio de um técnico em laboratório especializado na área, trabalhando de forma isolada, permanecendo na escola apenas durante o período das aulas;
- Laboratório fechado e sem manutenção.

Além disso, muitos graduados nas licenciaturas das ciências da natureza relatam que, durante o curso, nunca tiveram disponíveis durante as aulas, os laboratórios de práticas na disciplina. Conforme SANTOS (1993),

Embora o Ensino de Ciências através de experiências seja apontado por todos (...) como condição básica para a aprendizagem, o ensino experimental não se viabiliza nas escolas. Os professores têm dificuldades em realizar experimentos principalmente porque, durante a sua formação em cursos de Licenciatura, muitos não têm acesso a laboratórios. (SANTOS, 1993, p. 2)

É comum a prática, por parte dos educadores na área das disciplinas de ciências da natureza de ministrar suas aulas experimentais com materiais de custo acessível. Essas atividades podem ser aplicadas em qualquer ambiente ou sala de aula, sem a imposição necessária de equipamentos sofisticados, não havendo a necessidade de um laboratório moderno e cheios de aparelhos especiais e caros para a execução dos experimentos. Tendo como principal objetivo a participação dos alunos. É bastante motivadora a realização de

alguma feira de ciências durante o ano letivo, para despertar nos alunos o sentimento da busca ao conhecimento.

3.2 O USO DE EXPERIMENTOS ACESSÍVEIS NO ENSINO DE FÍSICA

Grandes autores e especialistas em educação, tais como Ferreira e Violon (1979) sugerem que o professor procure outras opções e alternativas para a falta de laboratórios modernos e bem equipados em suas instituições de ensino, por meio da utilização e aplicação de material de custo acessível em seus experimentos, gerando, desse modo, novos recursos para a realização de demonstrações práticas e fundamentadas nos conceitos, nas aulas de Física.

A utilização desses materiais permite que sejam realizados os experimentos científicos sem a necessidade de salas de aulas específicas para isso, já que, no âmbito nacional, a maioria das instituições de ensino, não possuem tais condições físicas e estruturais necessário para esse tipo de atividade acadêmica. É interessante frisar, que a utilização de materiais de custo acessível, por parte dos professores, é uma opção didática, em concordância com RIBEIRO (1995)

Aparelhos e montagens improvisadas, executadas com os recursos mais modestos nos laboratórios, deve ser considerada não como uma solução de emergência, mas ao contrário, como uma nova técnica desejável para desenvolver as capacidades construtivas e inventivas do estudante. (RIBEIRO, 1995, p. 54).

Atualmente, isso é ainda muito mais significativo. Os grupos industriais que fabricam os bens de consumo nos oferecem todos os recursos e objetos que utilizamos no dia a dia, prontos e práticos para a utilização. As crianças de hoje não empregam mais a imaginação e a habilidade manual para confeccionar seus passa tempo e brinquedos favoritos, todas as novidades em termos de brinquedos, são compradas e logo esquecidas, pois só lhe interessam enquanto não deixam de ser novidade. Quando as crianças construíam seus próprios brinquedos, estes tinham para elas um enorme valor, pois, além de proporcionar diversão, ganhavam habilidades manuais e cognitivas.

Da mesma forma ocorre em um laboratório de Física. O aluno se sente muito mais comprometido com a disciplina se ele mesmo desenvolver e realizar o experimento. KAPITSA (1985), prêmio Nobel de Física, assim se manifesta a esse respeito: “executá-lo, mas ele entenderá muito melhor se, além de realizar o experimento, ele construir os instrumentos para sua experimentação”.

A montagem e a utilização de um experimento após a sua produção fará com que o discente pense de uma maneira mais coerente e desenvolva a lógica do raciocínio, parte importante do aprendizado do estudante, pois ele terá uma ideia clara a respeito do funcionamento e das limitações do experimento. Assim, as suas participações nas aulas serão menos mecânicas e sua aprendizagem mais eficiente. E isso está intimamente ligado com a abordagem que o professor utilizará para comandar a atividade.

A sugestão de se utilizar materiais acessíveis, portanto, não provém do fator financeiro, mas da primordialidade de que o aluno possa dominar todo o processo na fase da construção do conhecimento, através da construção, por seus próprios meios, dos aparatos que servirão de objeto de estudo. A convivência com os materiais utilizados no dia a dia do estudante aproxima o aluno do conhecimento científico, porque mostra que a ciência física se aplica ao mundo real, que está a sua volta. Mais do que isso, permite a ele testar hipóteses de forma criativa, a partir das propriedades conhecidas ou supostas dos materiais e dos testes realizados com eles.

3.3 O USO DE EXPERIMENTOS ACESSÍVEIS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA

A utilização de atividades experimentais é de suma importância nas aulas de Física Moderna. Isso se torna mais constante quando se percebe as dificuldades do discente do Ensino Médio em memorizar os conteúdos. É nesse ambiente que este trabalho apresenta como assunto primordial a aplicação de atividades experimentais com o uso de materiais de custo acessível nas escolas em geral; tanto na montagem, como na execução das experiências em sala de aula, sobretudo, com o objetivo de proporcionar um interesse maior pela disciplina de Física e, ao mesmo tempo, despertar os estudantes para o conhecimento científico.

Essa lógica se baseia em um único pensamento promover no educando um mínimo de conhecimento em Física Moderna ao final do curso e, ainda, servir como alicerce sólido para posteriores conhecimentos, gradativamente, mais aprofundado em sua jornada acadêmica futura.

Essencialmente, tem como intenção, analisar todas as ações que levariam a um processo mais preciso para o bom andamento do método de ensino-aprendizagem do estudante, avaliando os pontos em que o mesmo tem uma maior dificuldade em assimilar o conteúdo inserido e também determinando os pontos de maior assimilação de seus conhecimentos, motivando com isso, um maior aprendizado do discente.

O campo da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mostra as mudanças seguidas das transformações no seu vocabulário, ou seja, vários acréscimos de palavras como contextualização, interdisciplinaridade, competências e habilidades.

De acordo com KAWAMURA e HOSOUME et al. (1999), para o completo desenvolvimento dos jovens preparando-os para a cidadania, temas contemporâneos, atuais e modernos devem estar sempre presentes em seu dia a dia.

De modo bem prático, as mudanças mencionadas em KAWAMURA e HOSOUME et al (2009) mostram aos dirigentes das instituições de ensino como montar a estrutura da escola de ensino médio para as aulas de Física Moderna e Contemporânea e de como trabalhar a forma de ensinar. Desse modo, aplicam-se estratégias sobre as competências e conhecimentos paralelos ao ensino e aprendizagem sobre como estas serão utilizadas pelos estudantes em sala de aula de modo a relacionar-se com a realidade e com possíveis debates em FMC na sua conjuntura social, cultural e no ambiente em que vivem.

A confecção de um laboratório de FMC enfrenta um obstáculo muitas vezes intransponível: o alto custo dos equipamentos. Toda via, na ausência de equipamentos sofisticados e salas com ambientes climatizados, é possível a realização de experimentos utilizando materiais de custo acessível.

Para destacar estes trabalhos com materiais de fácil acesso, consideramos três temas na área de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. A saber, **constante de Planck, espectroscopia e Difração da luz.**

São enfatizadas algumas de suas aplicações através de experiências simples e acessíveis às escolas que não apresentam estruturas apropriadas para práticas laboratoriais. Visando, com isso, contribuir na área de experimentação, para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, apresentando uma proposta didática, cuja realização será de grande valia para os estudantes envolvidos, bem como para a formação cultural e social, formando esses alunos para a vida e para exercer a cidadania.

No próximo capítulo vamos apresentar o percurso metodológico que nos norteou na execução do objetivo do trabalho.

4 PERCURSO METODÓLOGICO

O percurso metodológico para atingirmos o objetivo deste trabalho, se deu a partir dos seguintes pontos:

- Levantamento bibliográfico de trabalhos que apresentam a semelhanças;
- Apresentar a importância do experimento para o ensino de física e principalmente para o ensino de Física Moderna;
- Construção e aplicação de experimentos realizados com materiais de fácil acesso;
- Aplicação dos experimentos em turmas do ensino médio:

Este trabalho foi realizado no IFRN, *Campus* Santa Cruz. O mesmo oferece na sua grade curricular cursos de graduação, pós-graduação e educação profissional técnica de nível médio. Ao todo, são quatro cursos integrados, três cursos integrados na modalidade Educação de Jovens e Adultos, três cursos subsequentes e duas licenciaturas, uma em Física e outra em Matemática.

O trabalho foi desenvolvido em uma turma de quarto período no curso Técnico Integrado em Informática, no turno vespertino, composta por trinta e cinco alunos. Esse curso forma profissionais que realizam manutenção preventiva e corretiva de equipamentos de informática, identificando os principais componentes de um computador e suas funcionalidades, identifica as arquiteturas de rede e analisa meios físicos, dispositivos e padrões de comunicação, avalia a necessidade de substituição ou mesmo atualização tecnológica dos componentes de redes. Instala, configura e desinstala programas básicos, utilitários e aplicativos. Tendo como possibilidades de atuação, as instituições públicas, privadas e do terceiro setor que demandem suporte e manutenção de informática ou na prestação autônoma desses serviços. (IFRN, Projeto Pedagógico do Curso Técnico de Nível Médio em Informática presencial, 2011, Natal/RN, p. 09).

Foram utilizados quatro dias para realização das aulas expositivas e práticas. A cada dia foram ministradas três aulas, totalizando doze aulas. Nas três primeiras aulas, foi feito um resumo histórico e teórico sobre a evolução da Física, passando por toda a evolução da mesma, até culminar nos primórdios da Física Moderna e Contemporânea, com a utilização de slides.

As atividades experimentais foram desenvolvidas em nove aulas práticas, utilizando-se, três dias para cada experimento. Sendo aprimoradas com fundamentos teóricos e

posteriormente, levadas à prática, com a utilização de material de fácil acesso para a realização dos experimentos. Todos os estudantes da sala estavam envolvidos com a atividade proposta. Eles foram divididos em grupos de cinco alunos, devido à falta de espaço para acomodar a todos de uma única vez no laboratório. A seguir, temos a descrição de como foi realizado cada experimento: Objetivo, fundamentação teórica, materiais utilizado, descrição do experimento, procedimento experimental e resultados obtidos.

4.1 EXPERIMENTOS

EXPERIMENTOS 01: CONSTANTE DE PLANCK

OBJETIVO

Este trabalho experimental tem como objetivo demonstrar aos alunos, como determinar a constante de Planck utilizando diodos de emissão de luz, LED's (Light Emitting Diode) de várias faixas de frequência (cores).

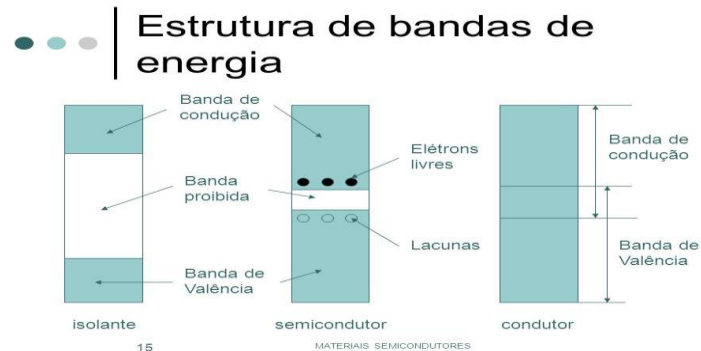
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Um LED corresponde a um diodo que, para conduzir corrente tem um direcionamento específico com relação ao sentido da corrente elétrica, e só acenderá quando a energia fornecida aos elétrons de sua banda observe a, (figura 1), de valência for pelo menos igual à diferença de energia entre sua banda de condução e de valência. Ao fornecermos essa energia o elétron sofre uma transição até a banda de condução e ao retornar ao seu estado inicial, emite radiação que deve pelo menos ser igual à energia recebida de acordo com a equação de Planck,

$$E = h \cdot f \text{ (Equação 1)}$$

Sendo f a frequência da radiação emitida e h a constante de Planck, a qual permitirá a determinação experimental,

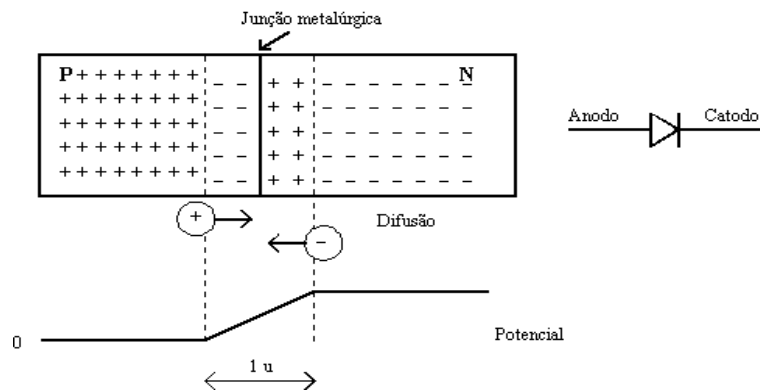
Figura 1 - Idealização da configuração de bandas e lacunas para materiais: (a) isolantes. (b) Condutores. (c) semicondutores.



Fonte: <http://player.slideplayer.com.br/16/5148954/data/images/img0.jpg>, acesso em 22 de Dez. de 2016. Às 13h30min.

A passagem de corrente elétrica através de uma junção p-n, **figura 2**, diretamente polarizada implica em liberação de energia devida à recombinação de elétrons em abundância na banda de condução no lado n da junção com os buracos na banda de Valência no lado p da junção. Nesse processo os elétrons, ao atingirem a banda de condução no lado p, decaem para a banda de valência através da barreira de energia designada por E_g .

Figura 2 - Diagrama esquemático de energia mostrando uma junção P-N.



Fonte: <http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/htmlfile/harmo/fpcap3/IMG00043.GIF> Dez. de 2016. Às 13h30min

Nos LED's essa energia é liberada na forma de ondas eletromagnéticas com frequências que podem estar na faixa do visível ou do infravermelho para os LED's comumente encontrados em aplicações comerciais (como em indicadores de aparelhos eletrônicos, controles remotos, etc.).

Logo:

- Conhecendo o valor do comprimento de onda, podemos obter o valor da frequência emitida e consequentemente a sua energia.
- Sabendo a energia do fóton emitido pelo LED, pode-se verificar qual deve ser o menor valor da tensão aplicada aos seus terminais que permita acender o LED.
- Nesse caso teremos por conservação de energia que a energia recebida será igual à energia emitida pelo LED, em forma de radiação eletromagnética. Se $e \cdot v$ (energia fornecida pelo circuito) é igual a $h \cdot f$ (energia do fóton), então:

$$e \cdot V = h \cdot f \text{ (Equação 2)}$$

Lembrando que $(e \cdot v)$, é a quantidade energia adquirida por uma carga igual a um elétron quando ela é acelerada por uma diferença de potencial de V . Isolando h na equação acima obtém:

$$h = \frac{e \cdot v}{f} \text{ (Equação 3)}$$

Sendo h a constante de Planck, e carga elétrica elementar, v a tensão elétrica nos terminais do LED e f a frequência de radiação emitida pelo LED.

MATERIAIS NECESSÁRIOS

1. Painel de LED's, com as cores vermelha, verde, amarela, laranja e azul;
2. Potenciômetro para regulação da tensão de entrada nos LED's;
3. Bornes para mensuração dos dados de tensão;
4. Fonte de alimentação de corrente contínua (CC) de bancada regulável;
5. Multímetro digital;
6. Cabos de medição;
7. Papel milimetrado

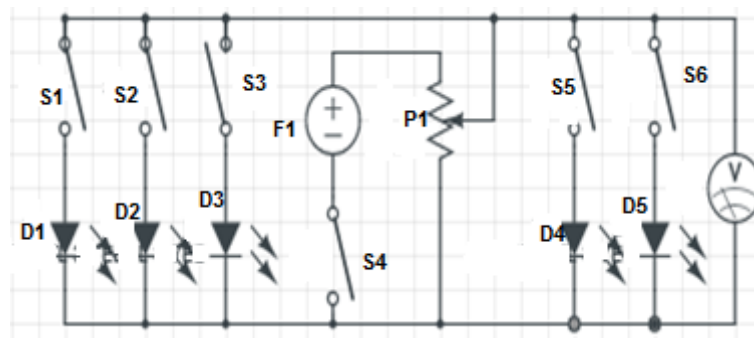
DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Neste experimento, será usado um equipamento o qual denominaremos "*painel de LED's*", para a determinação experimental da constante de Planck. Esse painel contém um circuito especificamente montado, com vários LED's nas cores vermelha, verde, amarela, laranja e azul. Além de conter botões de ajuste para as variáveis do experimento. Também

contém bornes para a introdução das pontas de provas do instrumento de medição (utilizou-se um multímetro digital da marca minnipa).

O esquema elétrico do circuito interno do painel de LED's é mostrado na *figura 1*. Depois de montado este dispositivo, são coletados dados experimentais, os quais serão analisados em conjunto com o modelo de Planck para cálculo do valor da constante de Planck (h).

Figura 3 - Diagrama elétrico do dispositivo “*Painel de LED's*” utilizado na experimentação



Fonte: Do autor

Onde:

S1 a S6 – chave liga/desliga

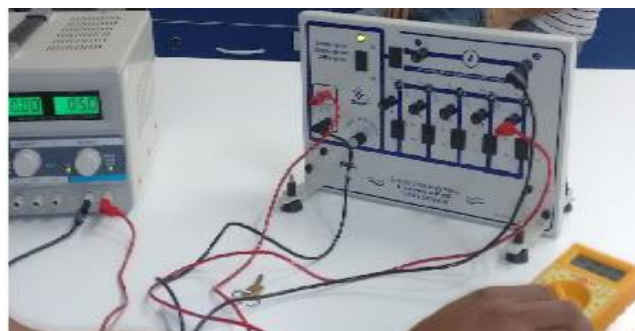
D1 a D5 – Diodos LED's

V- voltímetro

F1- fonte de alimentação

P1 – Potenciômetro

Figura 4 - Imagem do painel de LED's utilizado, multímetro, da fonte de alimentação e montagem do circuito.



Fonte: Do Autor

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Inicialmente, desligam-se todos os interruptores do painel, denominados de CH (1, 2, 3, 4, 5, 6,). Em seguida, liga-se a fonte de alimentação CC, já ajustada para a tensão de saída de 3v, a tomada de 220V AC, da rede do laboratório. Conectam-se os cabos de alimentação da fonte nos bornes da entrada do painel de LED's.

Para que ocorra a emissão de luz dos LED'S, é necessário induzir uma tensão na entrada dos bornes do painel de LED'S. Com isto teremos que variar a tensão nos terminais do LED, através do botão do potenciômetro. O interessante é visualizar este momento, já que os terminais do LED, também estão ligados a um voltímetro que vai fornecer o valor desta tensão de acendimento para cada um dos LED's, simultaneamente ao visualizar a emissão de luz mínima.

RESULTADOS OBTIDOS

Fazendo uso do “*Painel com LED's*”, usado para verificar a tensão de acendimento desses LED's, conhecendo-se o valor do comprimento de onda (λ) fornecido pelo fabricante dos mesmos, conhecendo-se o valor da velocidade da luz (c), utilizando a relação $c = \lambda \cdot f$, e as tensões mínimas a serem aplicadas para emissão de luz de cada LED utilizado, foram obtidos os seguintes dados informado na tabela a seguir:

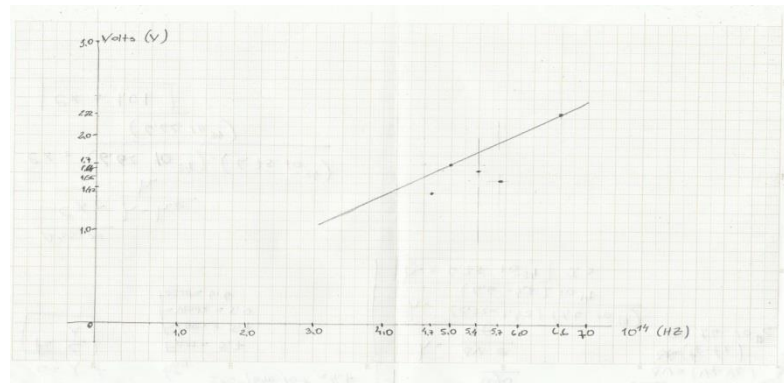
Tabela 1 - Coleta dos Dados

LED (cor e modelo)	Tensão necessária Para acender o LED em volt	Valor estimado de f em Hz 10^{14}
Vermelho	1,42 v	4,7
Amarelo	1,58 v	5,7
Laranja	1,64 v	5,4
Verde	1,70 v	5,0
Azul	2,22 v	6,6

Fonte: Autor

Após obtenção dos dados, foi utilizado um papel milimetrado para construirmos as curvas características dos LED's, conforme figura 5.

Figura 5 - Imagem de um gráfico construído no papel milimetrado.



Fonte: do autor.

Pelo gráfico, foi obtido experimentalmente o valor da constante de Planck através do coeficiente angular da reta usando o intervalo da variação da tensão fornecida a cada LED e o intervalo entre as frequências dos mesmos. Sendo assim, Δv = variação da tensão de corte, $y(x)$ = frequência x .

Logo, pela equação da reta teremos: $y(x) = ax + b$, onde $b = 0$,

Teremos,

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta v}{\Delta f} \quad (\text{Equação 4})$$

Comparando a equação 4 com a equação 3, obtemos a seguinte relação:

$$h = \frac{e \cdot \Delta v}{\Delta f} \quad (\text{Equação 5})$$

DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS

Após todas as atividades serem cumpridas, estimou-se o valor da constante “h” de Planck, no limiar de acendimento dos LED’s. O erro percentual, com relação ao valor tabelado foi detectado 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.

$$e(\%) = \frac{h - h_e}{h} \quad (\text{Equação 6})$$

Obtendo desvios de percentuais para a estimativa da constante de Planck usando os LED’s.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Considerando que o experimento é bastante simplificado e a decisão sobre o acendimento baseiam-se em informação apenas visual os desvios percentuais são pequenos. No entanto, o experimento pode ser enriquecido através de uma estimativa mais precisa da tensão limiar de acendimento. Para isto pode-se associar um amperímetro ao experimento, construir a curva característica do LED e estimar a tensão de limiar através de um processo de extrapolação.

4.2 EXPERIMENTO 2: ESPECTROFOTÔMETRO

OBJETIVO

Este trabalho experimental tem como objetivo, construir um espectroscópio ou espectrofotômetro com materiais acessíveis. Tal instrumento é utilizado em observações que envolva a dispersão da luz branca em seus respectivos espectros a nível educacional e didático.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na espectroscopia, se examina a emissão e a absorção de radiação eletromagnética pela matéria (a luz visível em particular). A técnica espectroscópica é de valor inestimável para a Ciência. Quando Newton fez atravessar um feixe de luz solar por um prisma de vidro, produzindo um arco-íris com as cores variando do vermelho ao violeta, não sabia que estava lançando a pedra fundamental do edifício, da análise espectroscópica. Ele descobriu que a luz branca (*luz solar*) consistia de fato, em uma mistura de cores: todas as cores do arco-íris. Ao fazer atravessar a luz solar por um prisma de vidro, ele observou que ocorria a separação em faixas ou bandas coloridas. Desse modo, Newton produziu o espectro da luz solar. E verificou o fenômeno da dispersão da luz. As diferentes cores componentes desviavam-se de formas distintas de suas trajetórias originais, com a luz de cor violeta apresentando o maior desvio. Pela lei da refração:

$$\mathbf{sen\theta} = \frac{\mathbf{sen\theta}}{\mathbf{n}} \text{ (Equação 7)}$$

Também:

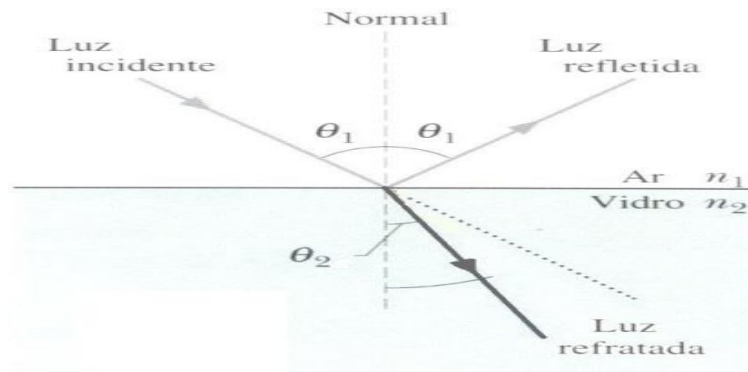
$$\mathbf{n} = \frac{\mathbf{c}}{\mathbf{v}} \text{ (Equação 8)}$$

De modo que:

$$\text{Sen}\theta = \frac{\text{sen}\theta}{n} = \frac{\text{sen}\theta}{c} \cdot v = \text{cte} \cdot v \quad (\text{Equação 9})$$

A figura 6 indica um feixe de luz solar passando do ar para o vidro ($n > n_{\text{ar}} = 1$).

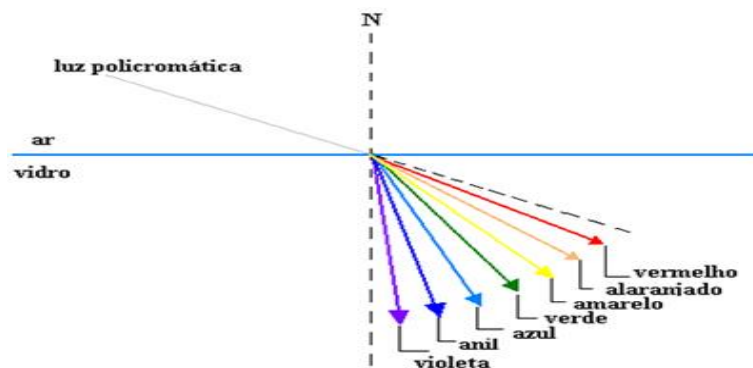
Figura 6 - Ilustração da refração da luz, em que ela é transmitida de um meio, para outro diferente.



Fonte: <http://desconversa.com.br/wp-content/uploads/2015/09/IOorfyl.jpg> 18 de Fev. de 2017, acesso às 18h25min.

Esse resultado nos mostra que quanto maior for a velocidade no meio 2, maior será o ângulo de refração: menor será o desvio, como $v = \lambda \cdot f$ e a frequência é a mesma (*não muda*) nos dois meios, teremos que a onda de maior comprimento de onda apresentará maior velocidade e, conseqüentemente, menor desvio. No caso da luz visível essa onda corresponde à cor vermelha. Na figura esquematizamos como se dá a dispersão da luz branca.

Figura 7- Luz Policromática

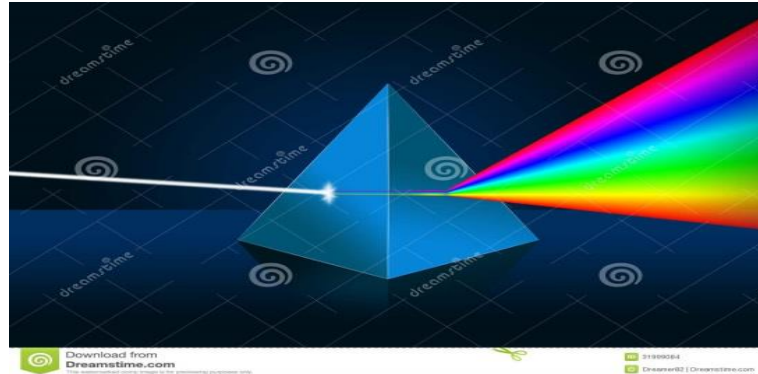


Fonte: <http://alunosonline.uol.com.br/upload/conteudo/images/Dispersaodaluznascorefundamentai.jpg>, 18 de Fev. de 2017, acesso as 18h30min.

Naturalmente, reunindo-se as diferentes cores do espectro da luz solar pode-se recompor a luz branca original. Por exemplo, podemos usar uma lente convergente para essa

finalidade ou mesmo outro prisma, idêntico ao primeiro, mas disposto em sentido contrário. Como mostra a figura.

Figura 8 - Prisma Reompondo Luz Branca



Fonte: <http://thumbs.dreamstime.com/z/ilustra%C3%A7%C3%A3o-clara-da-dispers%C3%A3o-prisma-espectro-31999084>. Jpg, 18 de Fev. de 2017, acesso as 18h45min

A resolução de um espectroscópio está relacionada à quantidade de sulcos: quanto maior o número de sulcos, maior a resolução. Redes de difração com número pequeno de sulcos são praticamente equivalentes aos prismas de vidro. Com redes de difração densamente sulcadas o espectro de a luz solar não se apresenta na forma contínua (como no arco-íris), mas se decompõe em riscas ou raias (*espectro de raias*) que são referidas como linhas espectrais: a cada espécie de átomo corresponde um conjunto específico de linhas espectrais.

Essa luz examinada por uma rede de dispersão mostra existir uma intensa emissão no comprimento de onda igual a 5.889 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$). A cor resulta da sensibilidade do olho humano, sendo característica de cada elemento químico.

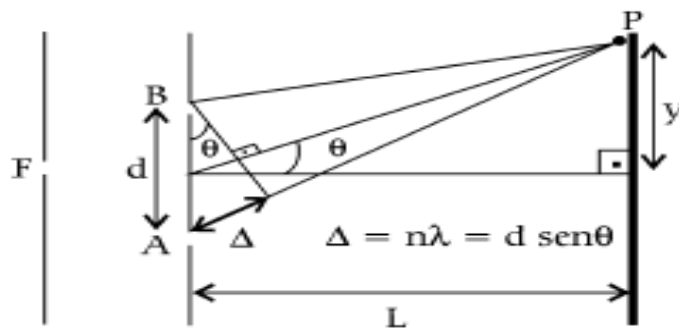
Logo, se um feixe de luz monocromática (fonte F) atravessar à rede de difração da próxima Figura nº 9, cujas fendas estão separadas pela distância d , a luz espalhada atingirá o anteparo, colocado a uma distância L da rede. Para que no ponto P ocorra uma interferência construtiva caracterizada por uma franja de luz, as ondas luminosas que se espalharam a partir das fendas A e B devem estar em fase, isto é, “crista com crista”. No entanto, essas ondas caminham distâncias diferentes, como mostram os raios que partem das fendas na Figura nº 9. Então, para que esteja em fase, a diferença de caminhos percorridos, Δ , deve ser múltipla inteira de λ , o comprimento de onda da luz, isto é, $\Delta = n\lambda$, onde $n = 0, 1, 2$.

Para $n = 0$, a franja de luz é produzida por ondas luminosas que caminham a mesma distância, produzindo uma franja de interferência construtiva exatamente no eixo de incidência da luz. Chamamos essa franja de máximo central. O ângulo corresponde ao ângulo de desvio do ponto P onde aparece a *franja de luz em relação ao máximo*.

Logo, escolhida a rede de difração (escolhido d), para um feixe de luz de comprimento de onda λ , teremos franjas de interferência construtiva em pontos diferentes do anteparo, pois para cada valor de n , teremos um ângulo θ , de desvio, em relação ao máximo central e simétrico a ele.

No entanto, nos interessa usar a rede de difração para decompor a luz policromática e determinar o comprimento de onda de suas componentes. Ao incidir luz policromática na rede, observaremos que quanto maior o comprimento de onda da componente, maior será o ângulo de desvio, isto é, cada cor de luz aparecerá em um ponto diferente do anteparo dependendo de seu comprimento de onda λ . Ao conjunto de componentes da luz chamamos 'espectro'. Esse espectro se repete para $n = 2, 3$ etc. e o fator ' n ' é chamado ordem do espectro. Conforme figura.

Figura 9 - Ordem do Espectro



Fonte: <http://varinia.es/blog/wp-content/uploads/2011/04/experimento.gif>, 18 de Fev. de 2017, acesso as 18h46min.

A Diferença de caminhos percorridos por ondas luminosas que sofreram difração em uma rede cujas fendas são espaçadas pela distância d . Vemos na Figura que $\Delta = d \sin\theta$ e então podemos escrever que $n\lambda = d \sin\theta$.

MATERIAL UTILIZADO

1. CD (Compact Disc)
2. Estilete e tesoura
3. Fita adesiva e isolante
4. Papelão
5. Maquete da caixa
6. Régua milimetrada
7. Telefone celular com câmera

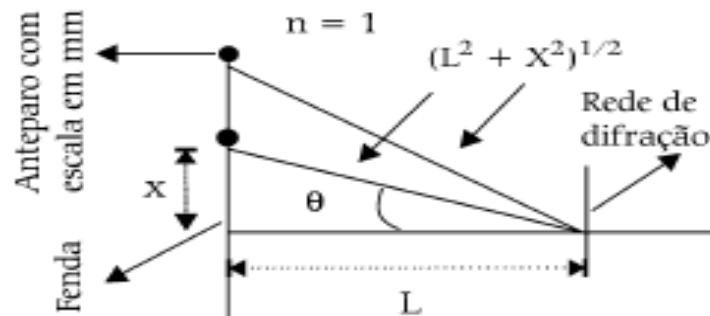
DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Como rede de difração utilizou-se um CD, em um primeiro momento, podemos dizer que a luz refletida na película existente sobre as trilhas do CD sofre interferência, resultando no mesmo efeito descrito anteriormente. As cores que vemos no CD são consequência desse fenômeno. Um modo de aperfeiçoar o CD como rede é retirando a película refletora. Neste caso teremos uma rede de difração em potencial já que o CD tem cerca de 600 trilhas/ mm

Para determinar o comprimento de onda das diferentes radiações emitidas pela lâmpada, é necessário observar simultaneamente o espectro projetado e a escala graduada. Dessa forma é possível medir a distância 'x', próxima figura, entre a franja central (na posição da fenda) e a franja cujo se quer determinar. Dependendo do tamanho da caixa é possível observar também o espectro de segunda ordem (n = 2). Escolha n = 1 e determine $\text{sen}\theta$ Fazendo;

$$\text{sen}\theta = \frac{x}{\sqrt{(L.L + x.x)}} \text{ (Equação 10)}$$

Sendo L o comprimento da caixa e então $\lambda = d \text{ sen}\theta$ onde $d = 1/600$ trilhas/ mm Conforme figura. A distância 'x' corresponde à distância entre a fenda e cada uma das franjas de luz, sendo medida diretamente na régua dentro da caixa.

Figura 10: Distancia dentro da caixa

Fonte: <http://varinia.es/blog/wp-content/uploads/2011/03/experimento.gif> de Fev. de 2017, acesso as 18h48min.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foi confeccionada uma caixa de papelão reutilizável, nas seguintes dimensões, 30 cm por 5 cm por 5 cm, para construção do espectroscópio. A mesma foi toda fechada com fita adesiva transparente e posteriormente em suas fendas laterais foi colocada fita isolante na cor preta, para vedar por completo a câmara confeccionada e não deixando nenhuma outra radiação penetrar em seu interior.

Depois, foi colocado um pedaço de CD, em uma das extremidades da caixa, no qual, foi feita uma abertura de 1 cm x 1 cm, (essa “janela” (deve ficar posicionada no centro). Na outra extremidade da caixa, também na região central, foi aberto uma fenda de aproximadamente 1 mm x 1 cm.

Recomenda-se que esse recorte fino fique em paralelo com o menor comprimento da “janela” que foi criada na outra extremidade da caixa. Antes de instalar o “pedaço” de CD, na janela, cobrir a superfície que tem o decalque ou impressão do fabricante, com fita adesiva grossa transparente, fazendo-a aderir muito bem, em seguida, puxa-se essa fita, retirando a película de proteção que envolve o mesmo, deixando a vista toda as trilhas do mesmo.

Recortar, na região mais próxima da borda do CD, um retângulo que tenha dimensões um pouco maiores do que a “janela” da caixa e prendê-lo com fita isolante preta. Não se esquecendo de posicionar o pedaço de CD de forma que seus sulcos fiquem paralelos à fenda menor e a face do CD que esteve protegida pela fita adesiva fique voltada para o Interior da caixa.

Recorte a fenda com bastante cuidado evitando deixar rebarbas. Se precisar ajuste a fenda colando dois pedaços de fita preta sobre ela de modo a diminuir a espessura e mantê-la

isenta de rebarbas. Quanto mais fina a espessura da fenda, melhor a qualidade da imagem espectral.

Depois de pronto, se pega o espectrofotômetro e o direciona para uma fonte que emita calor, por exemplo, uma lâmpada incandescente e outra fluorescente, ao olharmos pela fenda que contém o CD, observar-se, o fenômeno da difração da luz branca, ao qual é decomposta e mostra o espectro contínuo emitido pela fonte de calor, variando-se a fonte, também se nota a mudança do espectro de luz produzido.

Em seguida, foi colocada dentro da câmara da caixa, uma régua milimetrada, a fim de se medir os comprimentos de cada feixe de luz dispersado, para que os estudantes possam ter uma noção da distância de cada espectro dispersado.

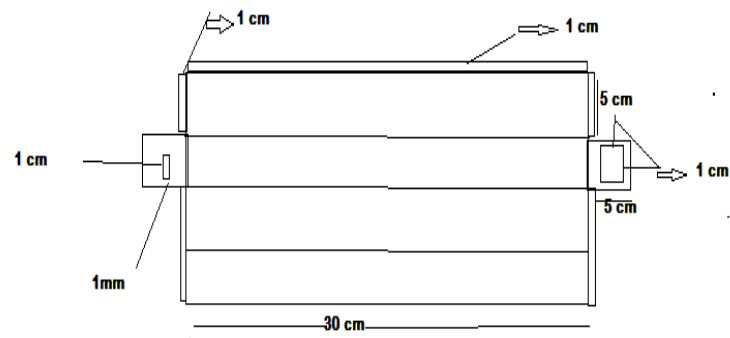
Antes de verificarmos o espectro das lâmpadas fluorescente e incandescente, calculamos a distância onde deveriam estar as frequências dos espectros nas cores azul, amarelo, verde e laranja.

Figura 11 - Foto da Caixa



Fonte: Autor

Figura 12 - Desenho da caixa



Fonte: Autor

Figura 13 - Material Utilizado no Experimento 2

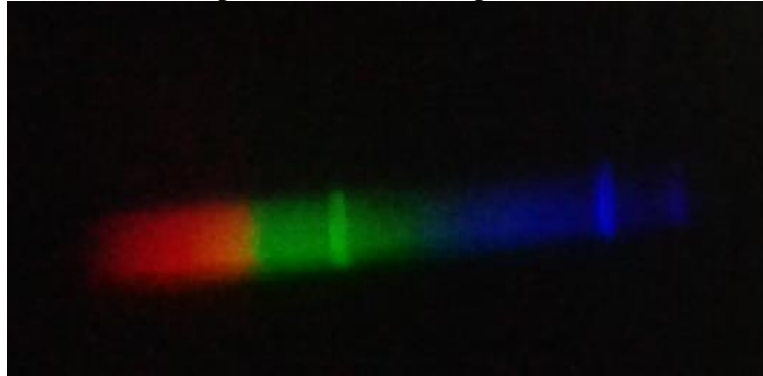


Figura 14 - Cortando o CD



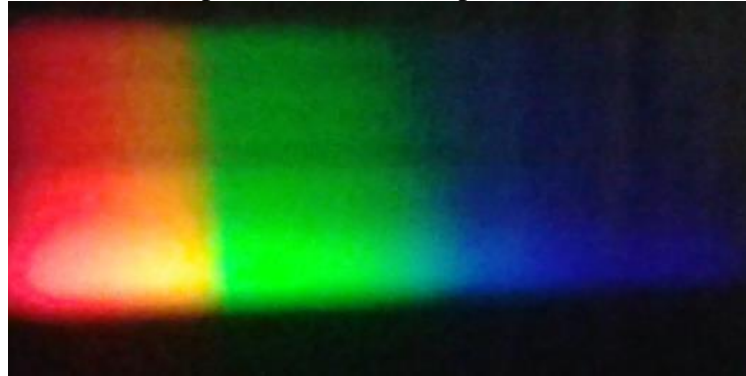
Fonte: Autor

Figura 15 - Raias espectrais de uma lâmpada fluorescente de 40 W



Fonte: Autor

Figura 16 - Raias espectrais de uma lâmpada de filamento de 100 W



Fonte: Autor

Figura 17 - Experimento com régua milimetrada



Fonte: Autor

Figura 18 - Experimento com régua milimetrada. Foto mais detalhada.



Fonte: Autor

RESULTADOS OBTIDOS

Em ambas as observações foram notadas um feixe de espectro formado dentro da câmara, que varia do vermelho ao violeta, dependendo da fonte térmica selecionada. A qualidade dos espectros está diretamente ligada à qualidade da rede de difração e ao cuidado com a montagem.

Utilizamos uma câmera de celular, para observar e fotografar o espectro da luz fluorescente. Marcamos onde deveriam estar cada espectro de luz, segundo os resultados dos cálculos conforme os valores discriminados no quadro a seguir, pela seguinte equação $X = \lambda \cdot l / d^2 \cdot l^2$ (equação 11)

Quadro 1- Especificação dos valores para encontrar a distância de cada faixa do espectro do raio de luz difratado.

<p>Para o VERMELHO, Com os valores de $L = 27. 10^{-2} m$, $d = 1,47. 10^{-6} m$, $\lambda = 700.10^{-9} m$ temos;</p> <p>$X_{vermelho} = 12,85 cm.$</p>
<p>Para o LARANJA, Com os valores de $L = 27. 10^{-2} m$ $d = 1,47. 10^{-6} m$ $\lambda = 600.10^{-9} m$ temos:</p> <p>$X_{laranja} = 11,02 cm$</p>
<p>Para o AMARELO, Com os valores de $L = 27. 10^{-2} m$ $d = 1,47. 10^{-6}$ $\lambda = 550.10^{-9} m$ temos;</p> <p>$X_{amarelo} = 10 cm$</p>
<p>Para o VERDE, Com os valores de $L = 27. 10^{-2} m$ $d = 1,47. 10^{-6}$ $\lambda = 520.10^{-9} m$ temos;</p> <p>$X_{vede} = 9,52 cm$</p>
<p>Para o AZUL, Com os valores de $L = 27. 10^{-2} m$ $d = 1,47. 10^{-6} m$ $\lambda = 500.10^{-9} m$ temos:</p> <p>$X_{laranja} = 9,18 cm$</p>

Fonte: O autor

A tabela abaixo apresenta os resultados dos cálculos desenvolvidos, seguindo a (Equação 11), onde λ corresponde ao comprimento de onda de cada cor, d é a distância entre as raias do CD, L é o comprimento da caixa utilizada e x é a distância que queremos encontrar até a fenda da caixa.

Tabela 2 – comprimento de onda x distância

Espectro	Comprimento de onda (λ)	X esperado	Resultado encontrado
Vermelho	700nm	12,85 cm	12,7 cm
Amarelo	550 nm	10 cm	10 cm
Azul	500 nm	9,18cm	9,2 cm
Laranja	520 nm	11,02cm	11,00cm
Verde	600 nm	9,52 cm	9,5 cm

Fonte: autor

CONCLUSÕES

Por meio da análise dos dados coletados e posterior observação feita com espectroscópio montado, os resultados teóricos e obtidos, parecem concordar, levando em consideração as medidas imprecisas feitas pela observação visual do espectro. Desta forma, chegamos à conclusão que os resultados apresentados pelo experimento estão de acordo com as previsões teóricas, o que nos permite afirmar que o experimento funciona perfeitamente.

4.3 EXPERIMENTO 3: DIFRAÇÃO DA LUZ

OBJETIVO

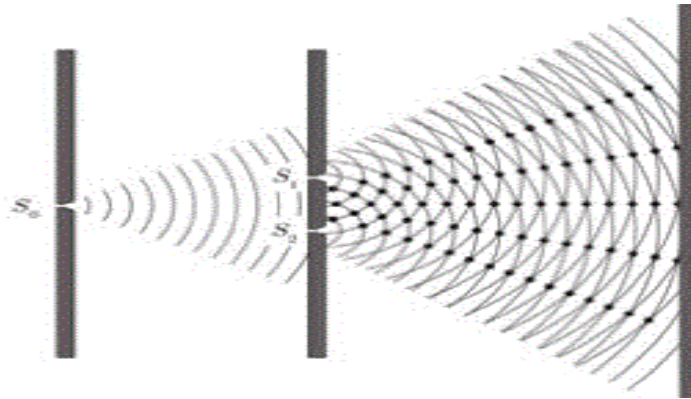
Este trabalho experimental tem como objetivo, construir um experimento com materiais acessíveis de baixo custo, com a finalidade de calcular a distância entre as ranhuras de um CD, utilizando o fenômeno da difração da luz com base nas experiências do físico e médico inglês, Thomas Young. Que foi o primeiro a demonstrar, com sólidos resultados experimentais, o fenômeno de interferência luminosa, que tem por consequência a aceitação da teoria ondulatória.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A difração é um fenômeno onde o encurvamento sofrido pelos raios de uma onda quando esta encontra obstáculos se irradia. Imagine a situação em que uma onda se propaga em um meio, até onde encontra uma fenda posta em uma barreira, este fenômeno, prova que a

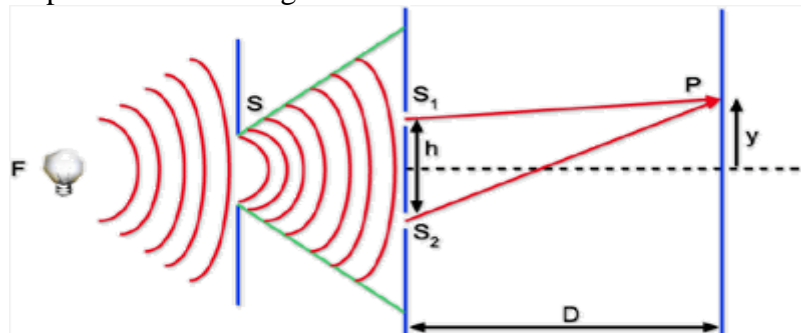
generalização de que os raios de onda são retilíneos é errada, já que a parte que atinge a barreira é refletida, enquanto os raios que atingem a fenda passam por ela, mas nem todas continuam retas. Se esta propagação acontecesse em linha reta, os raios continuariam retos, e a propagação depois da fenda, seria uma faixa delimitada pela largura da fenda. No entanto, há um desvio nas bordas. Este desvio é proporcional ao tamanho da fenda. Para o caso onde está largura é muito inferior ao comprimento de onda, as ondas difratadas serão aproximadamente circulares, independente da forma geométrica das ondas incidentes. Conforme figura,

Figura 19 - Desvios das Bordas



Fonte: http://varinia.es/blog/wp-content/uploads/2011/03/experimento_young.gif, acesso em 19 de Fev. de 2017, às 10h12min.

Figura 20 - Experiência de Young



Fonte: <https://www.google.com.br/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd19> de Fev. de 2017, às 10h15min.

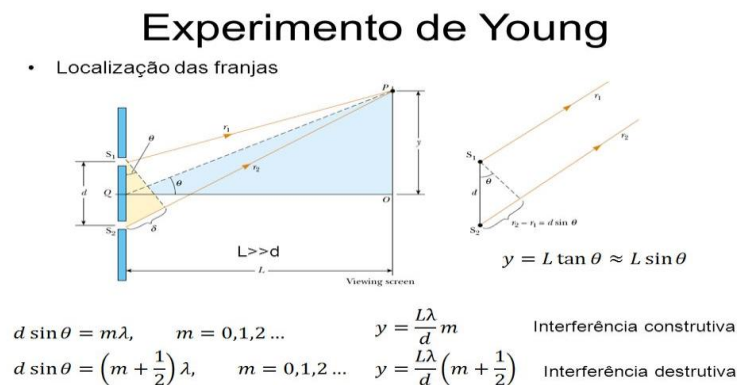
Rede de difração é a separação das cores, pode ser obtida através de um prisma ou por meio de outro dispositivo chamado de rede de difração. Uma rede de difração é uma lâmina contendo um número elevado de fendas paralelas entre si. Estas fendas têm a mesma largura e estão espaçadas a intervalos regulares e iguais. O CD, que utilizamos nesse experimento, representa muito bem uma rede de difração.

Quando uma luz de diversos comprimentos de onda incide sobre uma rede de difração, os diferentes comprimentos de onda produzem máximos e mínimos de difração em ângulos diferentes.

Considerando um feixe paralelo de luz incidindo normalmente em uma rede de difração, a condição para a ocorrência de um máximo é dada por: $n\lambda = d \sin\theta$ onde $n = \dots -3, -2, -1, 0 +1, +2, +3 \dots$, d é a distância entre duas fendas contíguas, também chamada de constante de rede, θ é o ângulo entre a normal a rede de difração e a direção de observação, m o número de ordem e λ o comprimento de onda da luz. Para a ordem zero, o ângulo é o mesmo para todos os comprimentos de onda. O conjunto de máximos de uma determinada ordem, para todos os comprimentos de onda, constitui o espectro.

Dessa maneira, temos espectros de primeira, segunda, terceira, etc. Ainda temos a separação angular para uma rede de espectro definida, como sendo a diferença entre as extremidades das raias visíveis.

Figura 21 - Experimento de Young



Fonte: <https://www.google.com.br/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd19> de Fev. de 2017, às 10h24min.

MATERIAIS NECESSÁRIOS

1. Suporte para CD;
2. CD
3. Régua;
4. Anteparo;
5. Suporte para Laser;
6. Laser verde.

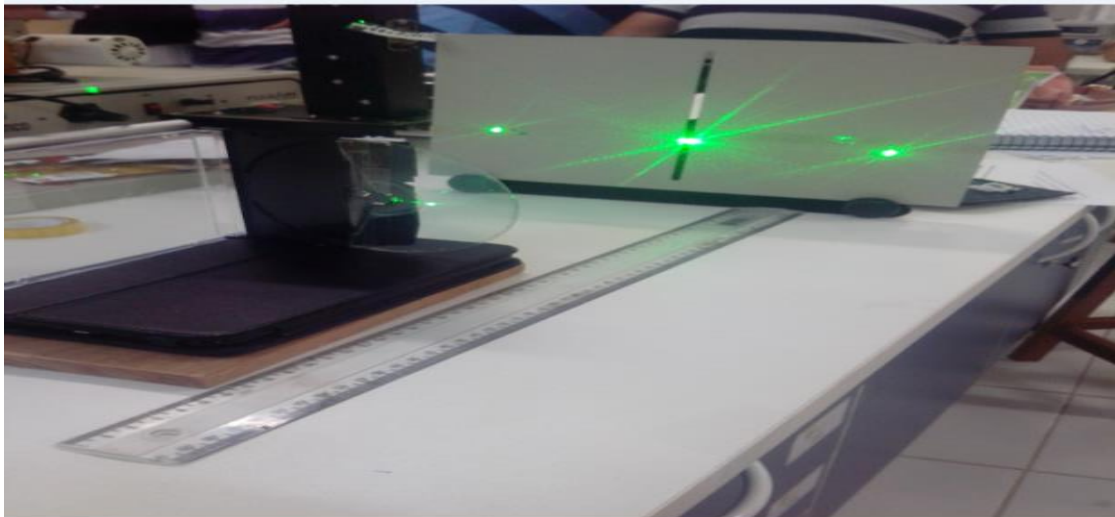
DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

1. Direcionamos o laser para as bordas do CD, alinhando-os permitindo realizar o experimento com mais precisão.
2. Medimos a distância entre os pontos da luz difratada no anteparo e da distância entre o anteparo e o ponto de incidência do laser no CD, L.
3. Calculamos a distância, entre as ranhuras do CD, a partir da seguinte equação:

$$d = \frac{\lambda \sqrt{(L.L+X.X)}}{X} \text{ (Equação 12)}$$

Abaixo, na próxima figura, temos o experimento montado,

Figura 22 - Experimento Montado



Fonte: Autor

DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS

A partir dos seguintes dados realizamos os cálculos para encontrar a distância entre as ranhuras do CD.

$$L = 24,5 \text{ cm} = 24,5 \cdot 10^{-9}$$

$$X = 9,75 \text{ cm} = 9,75 \cdot 10^{-2}$$

$$\lambda = 532 \cdot 10^{-9}$$

Partindo da Equação 12,

Temos que;

$$d = 532 \cdot 10^9 \cdot (\sqrt{(24,5 \cdot 10^{-2})^2 + (9,75 \cdot 10^{-2})^2}) / (9,75 \cdot 10^{-2})$$

Logo;

$$d = (532 \cdot 10^9) \cdot (0,263) / (9,75 \cdot 10^{-2})$$

Portanto;

$$d = 99.10^{-7} / 9,75. 10^{-2}$$

Então o resultado é ;

$$d = 1,43. 10^{-6} \text{ m ou } d = 1,43 \mu\text{m}$$

Porém como os resultados obtidos pelos estudantes, foram um pouco distintos um dos outros, os mesmos foram orientados a realizarem uma média aritmética dos resultados, para encontrar um valor, cada vez, mais preciso.

$$M_A = \frac{(1,43) + (1,48) + (1,52)}{3}$$

$$M_A = 1,47 \mu\text{m}$$

As referências nos mostram que a distância entre as ranhuras em um CD é da ordem de $1,47 \mu\text{m}$. Todavia, é importante salientar que por ser uma rede de difração didática, as medidas podem não ser tão precisas, o que pode causar certa discrepância no resultado. Com esse experimento foi possível observar os efeitos de uma rede de difração, interferência da luz, e calcular o número de ranhuras de um CD. Sabendo que as distâncias entre as ranhuras do CD são da ordem de $1,4 \mu\text{m}$ a $1,5 \mu\text{m}$ concluímos que o resultado encontrado é compatível.

Em alguns experimentos, os alunos fizeram gráficos, em outros construíram tabelas com as medidas obtidas, exigindo deles uma erudição prévia de Matemática, geometria e habilidade em desenho. Foi necessária uma gama de conhecimentos que os estudantes utilizarão em suas vidas profissionais ao concluírem o curso técnico, e ao mesmo tempo, tendo uma interatividade com a teoria e a prática no ensino de Física Moderna e Contemporânea. Relembrando CAVALCANTE (2005),

Tudo que se sabe sobre a composição química dos astros se deve aos avanços da espectroscopia, cujas contribuições à Ciência são inúmeras, principalmente na indústria e em análises clínicas. (CAVALCANTE, Marisa Almeida - Física na Escola, v. 6, n. 1, p. 75, 2005).

Todos os alunos participaram ativamente do procedimento questionando, propondo ideias, melhorando os experimentos e, ao final de cada método de aprendizagem, entregavam um relatório que foi transcrito na íntegra e originalmente como os estudantes redigiram, sendo subtraídas por questões óbvias as identidades dos mesmos. Essas informações estão inclusas nos apêndices a seguir; no apêndice A temos um dos relatórios entregues pela turma de alunos, que demonstra a Medição da Constante de Planck h usando LED's, o apêndice B

contém um dos Relatórios que descreve a construção de Espectrofotômetro com material acessível, e no apêndice C, está incluso a atividade do fenômeno da difração da luz de Young. Em todos esses trabalhos desenvolvidos pelos alunos, consta, além das observações feitas e as medidas obtidas, as tabelas com todos os parâmetros exigidos para a obtenção dos resultados. Essas tabelas e parâmetros foram omitidos aqui neste parágrafo, por, já estarem englobadas nos itens: 4.1, 4.2 e 4.3.

Devido à quantidade de informações geradas em todos os ensaios didáticos aplicados e a uma enorme porção de dados colhidos, anotados, calculados e analisados por cada grupo de alunos, não foi necessário realizar nenhum questionário, nem antes ou após cada tarefa, pois, além das aulas serem bastante interativas e objetivas, foi pedido a cada grupo de alunos que redigissem um relatório com tudo que ocorreu na aula. Fixando dessa maneira, o conteúdo estudado e facilitando enormemente o aprendizado, dirimindo qualquer dúvida gerada quanto à experiência em si.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A montagem de um laboratório de Física Moderna enfrenta um obstáculo muitas vezes intransponível: o alto custo dos equipamentos. Entretanto, na ausência de equipamentos sofisticados, é possível a realização de experimentos utilizando materiais de preço acessível. Foi com esse intuito que desenvolvemos esse trabalho de conclusão de curso, para que os alunos de Ensino Médio das escolas menos abastadas, tenham oportunidades de verificar, aprender, interessar-se pela Física como uma disseminadora das novas tecnologias. Embora, essa Física tenha mais de cem anos, desde que Einstein descobriu o efeito fotoelétrico, e Planck deu um passo enorme na mecânica quântica. Relembrando CAVALCANTE (1999),

O atual contexto social nos direciona a um desafio primordial, sobre o ensino de Física onde os conteúdos devem estar vinculados, as questões sociais, políticas, éticas, à construção de valores e à capacidade de contínuo aprendizado por parte dos alunos (CAVALCANTE, 1999).

Os resultados obtidos com as experiências foram bastante satisfatórios e esperados, pois, proporcionaram aos discentes o aumento dos seus conhecimentos, tanto acadêmicos, como também do mundo que os envolve. As atividades experimentais desenvolvidas neste TCC podem ser de um ótimo recurso para as aulas de Física, ao despertar emoções positivas nos alunos, tal como a curiosidade e o questionamento, o que causa uma motivação inicial em aprender. Os usos dos experimentos em questão possuem uma abordagem interativa e articulada com algumas aplicações tecnológicas vivenciadas no cotidiano. Complementar essas emoções, que, se usadas de forma adequada pelo professor, podem manter a atenção inicial despertada no aluno e a sua disponibilidade em aprender. Além disso, as utilizações dessas atividades tornam os conceitos mais abstratos, para o aprendizado da Física Moderna e Contemporânea e mais acessível aos alunos. Fazendo com que o estudante pense no ensino de Física como algo “orgânico”, que está em profunda transformação, percebendo, através de uma atividade que utiliza material de preço acessível, que pode se aprender física através de experimentos muito simples, que ao ensinar Física os professores devem, sempre que possível, mostrar como esta é importante no mundo e como serve de alicerce as tecnologias utilizadas por todos no dia a dia. Relembrando GLEISSER (2000),

Não existe nada mais fascinante no aprendizado da ciência do que vê-la em ação. E, contrariamente ao que se possa pensar, não são necessárias grandes verbas para

montar uma série de demonstrações efetivas e estimulantes, tanto para o professor como para seus alunos. (GLEISER, 2000 Revista Física na Escola, p. 4.)

Os recursos apresentados neste trabalho envolvem três experimentos. Através deles, podemos compreender conceitos importantes associados à descoberta do espectroscópio, difração da luz, bem como determinação do valor da constante de Planck. Quando bem orientadas, essas experiências podem ser instrumentos muito úteis para o desenvolvimento de conceitos físicos, principalmente em áreas em que a Física experimental encontra sérios limites financeiros das instituições de Ensino Médio. No entanto, é importante salientar que os resultados obtidos através dos experimentos são provenientes de uma estrutura adaptada e predisposta a erros, por isso, não dispensa completamente os equipamentos oficiais e bem elaborados construídos para fins didáticos laboratoriais. Mas atendem perfeitamente às expectativas. A Física Experimental traz ao aluno a realidade dos “fatos” e, por muitas vezes, intensificam na mente do estudante os modelos teóricos. O trabalho experimental com material de fácil acesso é desafiador e não pode ser comparado em seus resultados àqueles evidenciados em experimentos com materiais industriais bem elaborados, visto serem de origens inteiramente distintas. Ainda relembrando GLEISSER (2000),...

Ensino de física - ou de ciências, para sermos mais abrangentes - e sua aprendizagem não são fáceis, tanto para quem ensina como para quem aprende. Contudo, o professor mais atento pode tornar o processo mais palatável e, quem sabe, ele próprio desfrutar de uma nova concepção de sua atividade. (GLEISER, 2000, Revista Física na Escola, p. 4)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo a compreensão que o ensino de temas atuais da Física, aliado aos experimentos feitos em sala de aula, contribui em muito, para transmitir aos alunos uma visão mais correta dessa ciência e da natureza do trabalho científico, superando a visão linear do desenvolvimento científico, hoje presente nos livros didáticos e nas aulas de Física. Sabe-se que, há algumas décadas, se discute em vários países, (KNECHT, 1968; MARX, 1975, apud ROCHA, 1999), a introdução de Física Moderna e Contemporânea (FMC) nas escolas secundárias. Segundo ROCHA (2004), o estudante do Ensino Médio, de uma maneira geral, independentemente da sua perspectiva profissional, não pode estar alheio a determinadas mudanças conceituais introduzidas na Física em nosso século.

Assim, percebe-se que o ensino de FMC se torna extremamente importante durante o ensino regular, pois, essa área da Física é uma das grandes responsáveis pelos avanços tecnológicos do século XX e XXI. Ainda, segundo ROCHA (2004), para a maioria dos alunos do Ensino Médio, o contato com a Física se esgota na escola do ensino intermediário, então, é um dever das instituições de ensino secundário em nosso país, ensinarem FMC como parte do enriquecimento cultural e científico dos estudantes. Segundo, (OSTERMANN e MOREIRA, 2000; Apud OLIVEIRA, 2007), “Despertar a curiosidade dos alunos é ajudá-los a reconhecer à física como um empreendimento humano” (CADERNO CATARINENSE DE ENSINO DE FÍSICA. PORTO ALEGRE, 2011, p. 135).

Logo, assuntos como; Constante de Planck, espectroscopia, difração da luz, entre outros da Física Moderna e Contemporânea, ficam mais divertido e menos enfadonho, quando se promove através de experimentos, a verificação dos conceitos estudados na hora da aprendizagem, do que a utilização dos métodos tradicionais. Os documentos oficiais relacionados ao ensino (PCN, PCN+ e Diretrizes Curriculares Nacionais) apontam a necessidade da inserção de temas de Física Moderna e Contemporânea para que o ensino de Física possibilite aos alunos uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs),

Alguns aspectos da chamada física moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à

compreensão do mundo material microscópico (Brasil. *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+): Ciências da Natureza e suas Tecnologias* (MEC, Brasília, p. 56, 2002).

Sendo assim, a proposta deste trabalho, não é inovar, mas motivar aos professores e incentivar os alunos o aprendizado da FMC, com materiais de fácil acesso e sem muito custo, desenvolvendo experimentos que possibilitem a compreensão dos conceitos básicos da Física moderna, levando os estudantes a olharem o mundo que os rodeia com os olhos do saber, constatando no seu cotidiano que quase toda a tecnologia que utilizam hoje, advém da FMC. Os transformando cidadãos preparados para a universidade e/ou para o mundo de tecnologias que os cerca.

REFERÊNCIAS

AMALDI, Ugo. **Imagens da Física, Relatividade e os Quantos**. Cap1. Pág. 398-411. (1995). São Paulo. Editora Scipione.

ALUNOS ON LINE, Disponível em:

<<http://alunosonline.uol.com.br/upload/conteudo/images/Dispersao%20da%20luz%20nas%20cores%20fundamentais.jpg>> acesso em Jan. de 2017

BACHELARD, G. (1993) **O novo espírito científico**. Coleção os pensadores, abril Cultural, Rio de Janeiro.

BAROLLI, E, **Reflexão sobre o Trabalho dos Estudantes no Laboratório Didático**. Tese apresentada junto ao curso de Pós-Graduação em Educação. Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação. São Paulo. 1998.

BARBIERI, M. R. *Projeto USP /BID, Formação de professores de ciências. in: Boletim da Filosofia, n.6 , p.4 .* São Paulo, 1993 apud SANTOS.

BARREIRO, A. C. M., BAGNATO, V.. Instituto de Física e Química de São Carlos. São Paulo, SP. **Aulas Demonstrativas nos Cursos Básicos de Física**, Cad. Cat. Ens. Fis. Florianópolis. V. 9, n. 3: p. 238-244, dez. 1992.

BAROLLI, E. & VILLANI, A. **A tomada de dados**; uma etapa esquecida no ensino de ciências. In Atas da XXI ANPED. Disquete do GT de didática. Caxambu, MG, 1996.

BEM-DOV, Yoav. Convite à física, Ed. Jorge Zahar, Rio de Janeiro. 1996.

CHESMAN, Carlos; MACEDO, Carlos André; **Física moderna experimental e aplicada**, Ed., Editora livraria da física, 2004.

CANATO, Osvaldo Junior, **textos e contextos para o ensino de física moderna e contemporânea na escola média**, USP, instituto de física e química e faculdade de educação, são Paulo/SP, 2003, dissertação apresentada para o título de mestrado.

CAVALCANTE, Almeida, TAVOLARO, Cristiane R.C, **uma oficina de física moderna que vise a sua inserção no ensino médio**, Marisa, Depto. de Física - PUC/SP, Escola do Futuro USP/SP, São Paulo SP, Cad.Cat.Ens.Fís., v. 18, n. 3: p. 298-316, dez. 2001.

CAVALCANTE, Marisa Almeida, BENEDETTO Alessandra di, **Instrumentação em Física Moderna para o Ensino Médio**: uma nova técnica para análise quantitativa de espectros,

GOPEF - Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Escola do Futuro - USP/SP, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 21, 3, Set., 1999.

CAVALCANTE, Marisa Almeida, **O Ensino de uma Nova Física e o Exercício da Cidadania**. Revista brasileira do Ensino de Física, São Paulo, v.21. n.4.Dez.1999.

CAVALCANTE, K, **A Importância da Matemática do Ensino Fundamental na Física do Ensino Médio**. Canal do Educador, Estratégia de Ensino, Física. Disponível em: <http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/a-importancia-matematica-ensino-fundamental-na-fisica-.htm>. Acesso em 20 de fevereiro de 2017

CIÊNCIA COMO NUNCA, disponível em:<http://varinia.es/blog/wp-content/uploads/2011/03/experimento_young.gif> acesso em Jan. de 2017

DREAMS TIME, Disponível em: [h<ttp://thumbs.dreamstime.com/z/ilustra%C3%A7%C3%A3o-clara-da-dispers%C3%A3o-prisma-espectro-31999084.jpg](http://thumbs.dreamstime.com/z/ilustra%C3%A7%C3%A3o-clara-da-dispers%C3%A3o-prisma-espectro-31999084.jpg)> acesso em Jan. de 2017

ESCOLA, a Física na, **Uma aula no Efeito fotoelétrico**. São Carlos, SP, nº 01. Vol. 3.Maio 2002. Pág 24-29.

ESCOLA, a Física na . Os fundamentos da Luz Laser. São Carlos, SP, nº 02. Vol. 2, Maio 2001. Pág 04-09.

EINSTEIN, A. & INFELD, L. (1966) **A evolução da Física**, Rio de Janeiro, ZAHAR.

EISBERG & RESNICK, **Física quântica**, 5^o ed., ed., campus, Rio de Janeiro, 2.

FERREIRA, N. C, *Proposta de laboratório para a escola brasileira – Um ensaio sobre a instrumentalização no ensino médio de Física*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade Física). Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1978.

FAZZIO, A.; CHAVES, A.; MELO, C.P, ALMEIDA, R.M., Faria, SHELARD, R.M., R.C. (2007), **Ciência para um Brasil Competitivo: O papel da Física**, Estudo encomendado pela CAPES visando maior inclusão Física na vida do País, CAPES, 100p.

GUIMARÃES, Anderson Vieira, **Uma análise sobre a física moderna no ensino médio**, Fortaleza, 2011. 63 p.: il., Monografia (Licenciatura em Física) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia.

GIOPPO, Christiane, SCHEFFER, Elizabeth Weinhardt O; NEVES, Marcos C. Danhoni, **O ensino experimental na escola fundamental: uma reflexão de caso no Paraná**. *Educar*, n. 14, p. 39-57. Ed. da UFPR. 1998.

GONÇALVES, Fábio Perez. GALIAZZI, Maria do Carmo. **A natureza das atividades experimentais no ensino de ciências: um programa de pesquisa educativa nos cursos de** MORAIS, Roque. MANCUZO, Ronaldo, **licenciatura**. p. 237-252. In: Educação em Biologia: Produção de currículos e formação de professores. Ijuí: UNIJUÍ, 2004.

GALIAZZI, Maria do Carmo. **Educar Pela Pesquisa**: ambiente de formação de professores de Ciências. Ijuí RS: UNIJUÍ, 2003.

GARCIA, Nilson Marcos Dias, KALINOWSKI, Hypolito Jose, **Um espectroscópio simples para uso individual**, Caderno Brasileiro de Ensino de Física 11.2 (1994): 134-140.

GLEISER, Marcelo, Professor de Física do Dartmouth College em New Hampshire USA, **Por que Ensinar Física?** Revista Física na Escola, p. 4. v. 1, n. 1, 2000.

IX Encontro Nacional em pesquisa em ensino de física, 2004.

http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/RE_0675_0784_01.pdf

IFRN, Projeto Pedagógico do Curso Técnico de Nível Médio em Informática presencial, 2011, Natal/RN.

IZIDORO, Emerson dos; PIASSI, Luís Paulo de Carvalho, FERREIRA, Norberto Cardoso, **Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física**: uma experiência em formação continuada.

LABURÚ, Carlos Eduardo, Depto. de Física, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, **seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores**, Investigações em Ensino de Ciências – V10(2), pp. 161-178, 2005.

LORETO, Éligion Lúcio Silva. et AL, **Radiações, Moléculas e Genes**:

Atividades didático-experimentais. Ed.1a, Ribeirão Preto, SP, editora SBG (Sociedade Brasileira de Genética), 2008.

MARANDINO, Martha; SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Márcia Serra. **Ensino de Biologia**: Histórias e práticas em diferentes espaços educativos. São Paulo: CORTEZ, 2009.

MUNDO EDUCAÇÃO, diodo semiconductor Disponível

em:<<http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/htmlfile/harmo/fpcap3/IMG00043.GIF>>
acesso em Fev. de 2017.

NEGRI, Luiz Jorge. **Física do Átomo**, Material de Aula do Curso de Física. IFRN, 2014.

NEVES, Marcos C. Danhoni, **O ensino experimental na escola fundamental**: uma reflexão de caso no Paraná. *Educar*, n. 14, p. 39-57. Ed. da UFPR. 1998.

NASCIMENTO, S. S.; SANTOS, R.; NIGRI, E, (2006), **Alfabetização científica e tecnológica e a interação com os objetos técnicos**, Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis, v. 23, n. 1.

NAKAMURA, Anderson Yukio, SODRÉ, Zuleika A. Luz, DA SILVA, Iuri Rojahn, **A utilização de experimentos envolvendo conceito de física moderna no ensino médio** trabalho apresentado no XII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, XI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO – UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA, 2009, Campus Urbanova, São José dos Campos.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, Marco Antônio. **Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores.** Caderno Catarinense de Ensino de Física. Porto Alegre, v.18, n.2, p. 135-151, 2001.

PORTO, Cleovam da Silva, Espectroscopia: enfrentando obstáculos e promovendo rupturas na inserção da física moderna e contemporânea no ensino médio<Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/277199072_Espectroscopia_enfrentando_obstaculos_e_promovendo_rupturas_na_insercao_da_fisica_moderna_e_contemporanea_no_ensino_medio>. acesso em Jan. de 2017.

PORTO, Cleovam da Silva, **Espectroscopia: Enfrentando Obstáculos e Promovendo Rupturas na Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio** orientador: Prof. Dr. Cássio Costa Laranjeiras Brasília – DF Março de 2011.

KAWAMURA, M. R. D; HOSOUME, Y. **A contribuição da Física para um novo ensino médio.** A Física na Escola, São Paulo, v. 4, n.2, p. 22-27, out. 2003.

KAPTISA, P. *Experimento, Teoria e Prática: artigos e conferências*, Moscou, Ed. Mir, 1985.

Princípios de Física. Física Quântica. Cap28. Pág 1094-1135. (2004)3º Edição. São Paulo. Editora Thomson, **Os fundamentos da Luz Laser.** São Carlos, SP, nº 02. Vol. 2.Maio 2001. Pág 04-09.

PIAGET, Jean, **Para onde vai a educação?** Tradução de Ivette Braga, 14ª ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1998, apud GIOPPO, Christiane; SCHEFFER, Elizabeth Weinhardt.

RIBEIRO, J. C, *O ensino experimental da Física no curso secundário*, In: *II Curso de Aperfeiçoamento para professores de Física do ensino secundário.* Atas do encontro. Pág. 49-56. IBCEC. MEC-ITA. São Paulo, 1955

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, Santa Catarina, RS.

TODOS PELA EDUCAÇÃO, Reportagens TPE, disponível em : <<http://www.todospelaeducacao.org.br/reportagens-tpe/32163/apenas-543-dos-jovens-concluem-o-ensino-medio-ate-os-19-anos/>>, acesso em 13 março de 2017, 21h51min>. acesso em Fev. de 2017.

VALADARES, Eduardo de Campos, MOREIR, Alysson Magalhães, **ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro**, Departamento de Física UFMG, Colégio Estadual Maestro Villa Lobos, Belo Horizonte MG, Cad.Cat.Ens.Fís., v. 15, n. 2: p. 121-135, ago. 1998.

VESTIBULARES DESCOMPLICA, portal Educação, Disponível em:<<http://desconversa.com.br/wp-content/uploads/2015/09/IOorfyl.jpg>>, acesso em Jan. de 2017.

VALADARES, *Eduardo de Campos*, MOREIRA, *Alysson Magalhães*, **Ensinando Física moderna no ensino médio: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro**, Colégio Estadual Maestro Villa Lobos, Belo Horizonte – MG, Capa, v. 21, n. Especial - novembro de 2004,

VIOLIN, Antônio G. - *Mecânica I - programa para ensino individualizado*. 2ª edição. Rio de Janeiro, FAE, 1985.

UHMANN, Rosangela Inês Matos. **Contribuições e Reflexões Epistemológicas sobre o atual Sistema de Ensino**. Revista de Ciências Humanas. Frederico Westphalen, RS: URI, v.08, n.10, p.95-110, junho de 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE A - RELATÓRIO: MEDIÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK USANDO LED'S

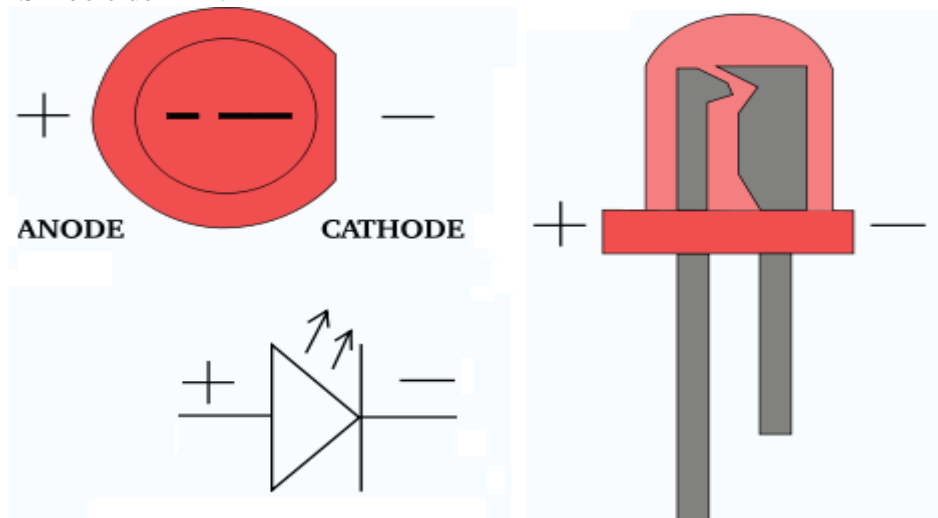
Objetivos:

- Obter a constante de Planck
- Medir o comprimento de onda da luz emitida por diversos LED's

Teoria:

O LED é um diodo emissor de luz. O diodo é um dispositivo semiconductor, uma junção p-n, que tem a propriedade de conduzir facilmente a corrente elétrica quando polarizado num sentido chamado de polarização direta e não conduzir corrente elétrica ao ser polarizado no outro sentido, chamado de polarização reversa. A figura ilustra o símbolo do diodo, no qual a seta indica o sentido fácil da condução. No símbolo do LED, o comprimento maior do terminal indica que esse é o lado positivo.

Figura 23 - Símbolo do LED.



Fonte: http://www.uff.br/fisicoquimica/docentes/katialeal/didatico/Capitulo_2.pdf

Existe uma tensão mínima para que o diodo conduza a corrente elétrica, e este mínimo é uma característica de cada diodo. Essa tensão representa uma energia que os elétrons perdem ao passar pela junção do diodo. No caso do LED essa energia aparece na forma de um fóton. A conservação da energia nos permite escrever:

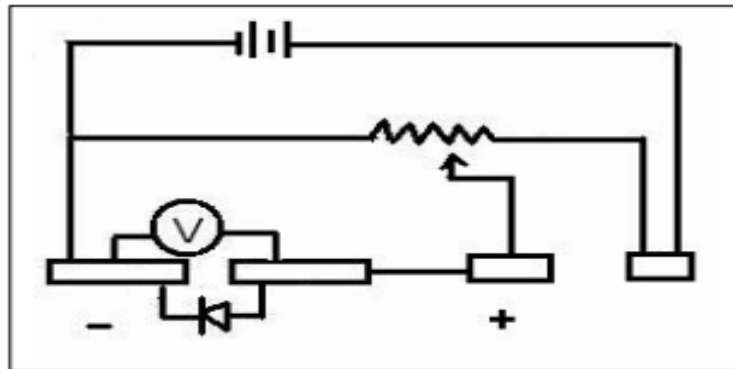
$$eV_0 = hf = hc/\lambda$$

Assim, medindo V_0 e λ , podemos obter a constante de Planck.

Procedimento Experimental:

Usando circuito desenhado ao lado, onde temos uma fonte variável com três pilhas. Utilizamos um pino banana para unir os blocos da direita com os da esquerda, no qual é montado o LED, através dos furinhos que encontramos na frente do bloco, como no desenho. Sempre Observando a polarização do LED, sendo que o terminal mais comprido deve estar do lado positivo. Um voltímetro foi ser usado para medir a tensão através do LED. Anotamos o valor de tensão no qual o LED começa a conduzir corrente (no momento que começa a emitir luz). Esse valor será o V_0 . Fizemos então pelo menos 5 medidas para cada cor de LED, e usamos média destas medidas para obter a constante de Planck e em seguida fizemos o gráfico com papel milimetrado para verificar o erro percentual entre a prática e a teoria.

Figura 24 - Circuito de Ligação



Fonte: http://www.uff.br/fisicoquimica/docentes/katialeal/didatico/Capitulo_2.pdf

APÊNDICE B - RELATÓRIO ESPECTROFOTÔMETRO

RELATÓRIO DE ATIVIDADES ESPECTRÔMETRO DE CAIXA DE SAPATO

Objetivo:

Construir um espectroscópio para verificar o espectro de emissão de lâmpadas fluorescentes, incandescente, lâmpada de mercúrio e o espectro de emissão solar.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Quando um raio de luz solar passa por um prisma ou rede de difração a luz branca é separada em seus constituintes coloridos ou espectro. O espectro de luz visível é uma pequena parte do Espectro Eletromagnético. A luz visível é uma forma de energia, que pode ser descrita por duas teorias: a teoria ondulatória e a teoria corpuscular. Nenhuma das duas teorias pode sozinha, descrever completamente todas as propriedades da luz: Algumas propriedades são mais bem explicadas pela teoria ondulatória, e outras propriedades são mais bem explicadas pela teoria corpuscular. A teoria ondulatória mostra que a propagação de luz através da onda luminosa envolve forças magnéticas e forças elétricas. Estas duas forças formam a Radiação Eletromagnética.

A decomposição da radiação eletromagnética (luz) em seus diversos comprimentos de onda constituintes é a base da espectroscopia óptica. Essa técnica é amplamente utilizada na astronomia, com o apoio de equipamentos chamados de espectroscópios os astrônomos conseguem decompor a radiação que provém dos astros em faixas e obter uma enorme variedade de informações acerca dos mesmos.

Substâncias suficientemente aquecidas emitem radiação eletromagnética na faixa do visível. O espectro dessa radiação é chamado de espectro de emissão. Os espectros de emissão contínuos têm o mesmo aspecto do arco-íris e são produzidos por sólidos ou líquidos (matéria condensada) incandescentes. Os espectros de emissão descontínuos são produzidos por gases e vapores incandescentes. Eles se apresentam com raias coloridas, paralelas, sobre um fundo escuro; são usualmente designados de espectros de raias.

Um gás submetido a uma corrente elétrica, como no caso de uma lâmpada fluorescente, ou em alta temperatura como no interior das estrelas, apresentará em seu

espectro algumas cores na forma de linhas ou raias paralelas e isoladas: um espectro de raias. Os comprimentos de onda dessas raias são características do elemento emissor de luz.

MATERIAL UTILIZADO

1. Caixa de papelão;
2. CD;
3. Régua;
4. Fita adesiva isolante;
5. Estilete;
6. Tesoura.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Medimos as dimensões de uma folha de papelão e recortamos de modo a deixá-la com 30 cm de comprimento e 20 cm de largura.

1. Dobramos a folha de modo a deixá-la com o formato de uma pequena caixa com 30 cm de comprimento, 5 cm de altura e 5 cm de largura.
2. Em uma das extremidades perfuramos a caixa criando uma fenda que tem entre 1 e 2 mm de largura. E na extremidade oposta fazemos outro orifício em forma de cubo de lados de 1 cm de modo que os dois orifícios estejam paralelos e afastados 30 cm um do outro.
3. No orifício em forma de cubo de lados de 1 cm colocamos um pedaço de CD com fita adesiva isolante.
4. Olhamos pelo orifício em forma de cubo (que já se encontra com o pedaço de CD) para ver o espectro da luz que passa pela pequena fenda.

ANÁLISE DE DADOS

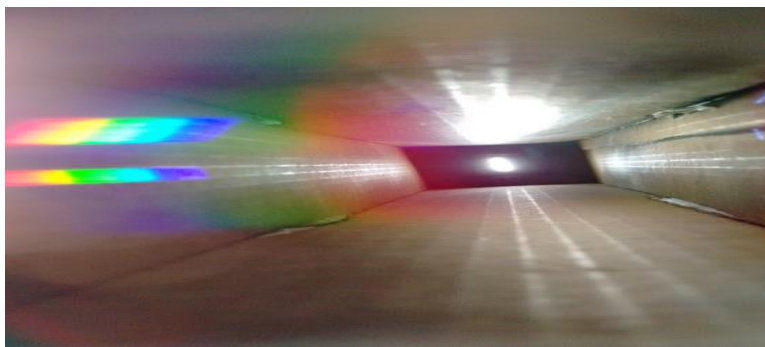
Ao analisarmos o espectro da luz emitida por uma lâmpada fluorescente observamos um espectro descontínuo superposto por várias raias brilhantes (espectro de emissão) que correspondem aos comprimentos de onda que são emitidos pelos átomos excitados do gás que compõe a lâmpada ao retornarem ao seu estado natural. O espectro de raias é característico de substâncias no estado gasoso. No espectro analisado vemos um forte brilho nos comprimentos de onda verde e azul correspondentes ao fósforo que reveste a lâmpada internamente e ao mercúrio, gás que compõe a lâmpada, respectivamente. Analisamos também o espectro de emissão de uma lâmpada incandescente de filamento de tungstênio que foi observado que

possui um espectro contínuo (espectro que possui energias distribuídas continuamente, e com uma faixa de luz visível que abrange do vermelho ao violeta) por se tratar de um espectro emitido por um sólido aquecido a mais de 2000 K de temperatura, Também foi analisado o espectro de emissão de uma lâmpada de mercúrio que possui um espectro discreto com raias brilhantes nas cores azul, verde e vermelhas muito afastadas umas das outras. E por fim foram analisadas fotografias feitas por uma câmera de smartfone (a radiação solar é muito forte e pode prejudicar a visão se for olhado diretamente sem a ajuda de um outro instrumento) utilizando como filtro o espectroscópio construído a partir de caixa de papelão, CD, régua e fita adesiva isolante. O espectro observado a partir dessas fotografias foi um espectro contínuo (espectro que possui energias distribuídas continuamente, e com uma faixa de luz visível que abrange do vermelho ao violeta) por se tratar de um espectro emitido por uma estrela com temperatura na superfície de 5.778 K e que é composta de vários gases o espectro contínuo se forma como resultado de diversos espectros de linha superpostos.

CONCLUSÕES

Ao observarmos a luz emitida por uma lâmpada fluorescente (que contém gás no interior) verificamos o predomínio de um espectro de raias, característico da matéria no estado gasoso. De forma análoga, ao direcionar o espectrômetro a uma lâmpada incandescente com filamento de tungstênio (filamento em estado sólido) e ao direcionar para o Sol observamos um espectro contínuo. Desta forma chegamos à conclusão que os resultados apresentados pelo experimento estão de acordo com as previsões teóricas o que nos permite afirmar que o experimento funciona perfeitamente.

Figura 25 - Fotografias feitas por uma câmera de um smartfone.



Fonte: Dos autores

APÊNDICE C – RELATÓRIO DIFRAÇÃO DA LUZ

OBJETIVO

Reproduzir o experimento de Young para demonstrar a Superposição de ondas, que através da difração causa interferências construtiva e destrutiva.

INTRODUÇÃO TEÓRICA

A difração é a propriedade característica que os fenômenos ondulatórios apresentam em poderem contornar obstáculos. Para ocorrer a difração é necessário que o comprimento de onda λ das ondas incidentes esteja relacionado com a dimensão característica d do obstáculo segundo a condição: $d \leq \lambda$. Dessa condição podemos inferir alguns resultados importantes:

- As ondas sonoras difratam-se mais que as ondas luminosas porque apresentam maiores comprimentos de onda.
- No espectro da luz visível as ondas correspondentes ao vermelho são as que mais se difratam.

Sobre a interferência; ondas contornam obstáculos (difração) e se superpõem (interferência). Difração e interferência são fenômenos característicos dos movimentos ondulatórios. Recordamos as principais exigências para que ocorram a interferência construtiva e a interferência destrutiva.

- Mesmo com ondas idênticas a interferência poderá ser construtiva ou destrutiva: depende de como elas se superpõem!
- Quando as ondas se superpuserem em fase (“pico com pico, vale com vale”) a interferência será construtiva. No caso de ondas harmônicas a interferência construtiva ocorrerá quando as ondas apresentarem uma diferença de fase igual a 0 ou 2π , ou 4π , ou 6π , ..., de modo geral: $2n\pi$, sendo n um número inteiro.
- Para que a interferência destrutiva (“pico com vale, vale com pico”) ocorra, deverá existir uma diferença de fase igual a π , ou 3π , ou 5π , ..., de modo geral: $(2n+1)\pi$, com n inteiro.

- É importante compreendermos que a interferência resultante (tecnicamente: o padrão de interferência no caso de várias ondas) depende da diferença de fase entre as ondas que interferem: ela determina a forma da onda resultante. E (relembre) mesmo duas ondas em fase poderão apresentar diferença de fase: basta que, antes de interferirem, elas percorram distâncias diferentes.
- Para duas ondas de mesma frequência e comprimento de onda (λ) que interferem, uma diferença de percurso igual a λ (2λ , 3λ , ..., $n\lambda$, com n um número inteiro) provocará uma diferença de fase igual a 2π radianos (ou $2n\pi$): a interferência será construtiva.
- Para duas ondas de mesma frequência e comprimento de onda (λ) que interferem, uma diferença de percurso igual a $\lambda/2$ ($3\lambda/2$, $5\lambda/2$, ..., $(2n+1)\lambda/2$, com n um número inteiro) provocará uma diferença de fase igual a π radianos: a interferência será destrutiva.

Em relação a Interferência da luz, analisemos o fenômeno da interferência entre ondas de luz. Uma diferença de fase constante é determinante para a observação do fenômeno da interferência. Em laboratório usam-se fontes coerentes (como no caso da nossa experiência): fontes que oscilam com mesma frequência e mantêm uma diferença de fase constante (como o laser). No entanto, uma diferença de fase constante pode ser obtida de diversas maneiras como, por exemplo, com a reflexão de ondas.

A luz resulta da emissão de radiação eletromagnética pelos átomos e estes o fazem de forma inteiramente independente uns dos outros nas fontes comuns (não coerentes). Decorre que a diferença de fase entre as ondas emitidas por essas fontes apresenta enorme e caótica flutuação. O laser é uma fonte coerente: todos os átomos emitem radiação em fase, razão que o torna de uso mais comum em laboratório.

Interferência com fendas duplas: a experiência de Young

Uma diferença de fase constante entre as ondas pode ser obtida usando-se a reflexão de feixes luminosos. Outra maneira, a mais comum em laboratórios, é a de se utilizar fontes de laser, que são fontes coerentes.

As fontes luminosas comuns não são coerentes, no entanto, podemos usá-las para obter a coerência desejada através da difração por fendas muito pequenas (de dimensão comparável ao comprimento de onda das ondas).

Nesse sentido a experiência feita por Young (Thomas, em 1801) objetivando comprovar a natureza ondulatória da luz se tornou um marco no estudo da Óptica Ondulatória. A principal característica do arranjo experimental de Young foi obter uma maneira simples de obter duas fontes coerentes de luz.

No nosso experimento reproduzimos a experiência de Young. Para tal, utilizamos um CD de par substituir a fenda, um laser como a luz monocromática incidente e um anteparo feito de papelão. E, partindo da relação $d = \lambda \cdot x / (L^2 + x^2)^{1/2}$, onde d é a espessura, que queremos encontrar, da fenda (no caso, as ranhuras do CD), λ é comprimento de onda da fonte de luz incidente (o nosso laser), L é a distância da fenda até o anteparo e x a distância entre as cristas de onda.

MATERIAL UTILIZADO

1. Suporte metálico (utilizado como anteparo);
2. Folha;
3. Lápis;
4. Laser;
5. Fio de cabelo e suporte;
6. CD e Capa de DVD;
7. Régua;
8. Fita adesiva;
9. Estilete.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

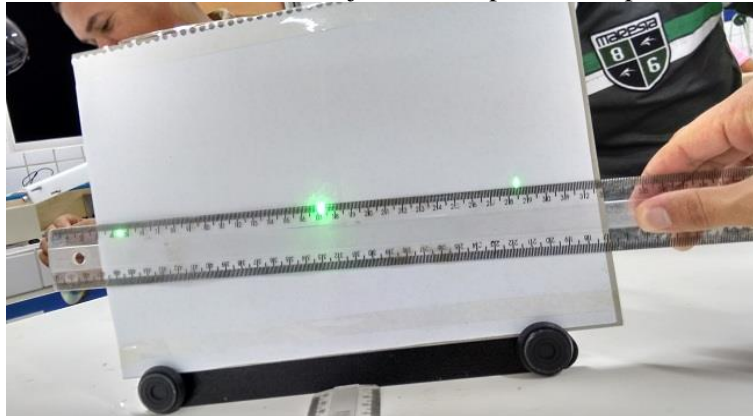
1. Colocamos a folha no suporte metálico, o CD e o laser em seus respectivos suportes, também. Em seguida medimos uma distância de 30 cm entre a folha e o CD.
2. Ligamos o laser, e o incidimos na borda do CD.
- 3 Em seguida medimos a distância entre os máximos da difração e por meio de cálculos determinamos a distância entre as ranhuras do CD.
4. Depois repetimos o procedimento.

Figura 26 - Franjas de onda produzida pelas raias do CD.



Fonte: Do Autor.

Figura 27 - Medição das distâncias entre as franjas de onda produzidas pelas raias do CD



Fonte: Do Autor.