



PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
ÁREA DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLÓGICAS
Curso de Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática

ALINE PICOLI SONZA

UMA INTRODUÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

Santa Maria, RS

2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ALINE PICOLI SONZA

**UMA INTRODUÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA
NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática do Centro Universitário Franciscano de Santa Maria como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof^a Dr^a **SOLANGE BINOTTO FAGAN**

Santa Maria, RS

2007

CENTRO UNIVERSITÁRIO FRANCISCANO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE FÍSICA E DE
MATEMÁTICA

A COMISSÃO EXAMINADORA, ABAIXO-ASSINADA, APROVA A
DISSERTAÇÃO:

UMA INTRODUÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

Elaborada por:
ALINE PICOLI SONZA

COMISSÃO EXAMINADORA

Profª. Dra. Solange Binotto Fagan
Presidente

Profª. Dra. Fernanda Ostermann

Profª. Dra. Maria Arleth Pereira

Santa Maria-RS, 16 de agosto de 2007.

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida:

Aos meus pais Rosani e Gilberto(in memorian);

Aos meus irmãos Adelita e Júnior;

Ao meu namorado Alexandre.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial pelo apoio dos meus familiares, principalmente: á minha mãe Rosani pelo amor, pela força, pelo carinho e dedicação. Ao meu pai Gilberto (Beto) que sempre me apoiou e que agora, esteja onde estiver, sei que está e sempre estará olhando por mim. Aos meus irmãos Adelita e Júnior pelo carinho e amizade. Ao Alexandre, pelo incentivo, carinho e, sobretudo, pela paciência.

Agradeço à Solange, minha orientadora, por tudo, pelo incentivo, apoio, diálogo, pelas dicas, e por toda paciência comigo principalmente na elaboração desta Dissertação. Agradeço à Solange, sobretudo, pela insistência, pois, acredito que se não fosse por isso, talvez não tivesse conseguido chegar ao final deste trabalho.

Agradeço aos meus alunos que tornaram realidade este trabalho participando da aplicação do Módulo Didático e aos professores que responderam aos questionários e que o fizeram de forma sincera, expondo suas deficiências e os seus anseios. À direção da Escola Estadual de Ensino Médio Cilon Rosa e ao seu diretor Antonio César Labrea de Souza por ter possibilitado a aplicação do Módulo na Escola, cedendo todos os recursos necessários.

Agradeço a UNIFRA pela oportunidade de realizar um Mestrado nesta área colocando-me frente a novos temas e metodologias no Ensino da Física.

Agradeço também de forma especial aos meus amigos pelo apoio e a amizade de sempre...

RESUMO

O presente trabalho consiste em um relato de experiência sobre o desenvolvimento e a aplicação de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio. Este trabalho foi realizado sob diferentes aspectos a fim de analisar como a Física Moderna é abordada no Ensino Médio, o que os livros didáticos apresentam sobre este assunto, o desenvolvimento de um módulo didático e a sua aplicação em sala de aula. Em um primeiro momento realizou-se uma investigação com professores do Ensino Médio de Santa Maria/RS e região, por meio de um questionário cujas perguntas estavam direcionadas ao Ensino/Aprendizagem de Física Moderna. A partir das respostas dos professores, fez-se uma análise nos livros didáticos mais utilizados pelos mesmos e nos currículos básicos das escolas onde trabalham. Logo a seguir desenvolveu-se um Módulo Didático com tópicos introdutórios de Física Moderna para o Ensino Médio que foi fundamentado a partir dos livros didáticos avaliados, de módulos didáticos digitais e de materiais de revistas científicas. Este módulo apresenta uma linguagem simples e questionamentos relacionados ao dia-a-dia do aluno, instigando sua investigação científica. Finalmente, foi aplicado este módulo didático a uma turma pré-selecionada de alunos da segunda série do Ensino Médio da Escola Estadual Cilon Rosa de Santa Maria –RS. O módulo didático foi dividido em cinco (05) aulas e apresentado em quatro (04) encontros, para os quais foram utilizados além de aulas expositivas, módulos didáticos virtuais, recortes de jornais e debates sobre os temas trabalhados. Este trabalho demonstrou o interesse dos professores por temas relacionados à Física Moderna, assim como o grande empenho por parte dos alunos nas atividades desenvolvidas.

Palavras-chave: Física Moderna, Ensino Médio, Ensino/Aprendizagem.

ABSTRACT

This work presents a communication of the experience about the development and applications of some topics of Modern Physics in the Secondary School. This study was done from different aspects with the aim to analyze how the Modern Physics is treated in the Secondary School, what the didactic books present about this subject, a development of didactic lessons and their application in the classroom. In a first time, it was done an investigation among the teachers of the Secondary School of the Santa Maria –RS about some questions in the education/learning of Modern Physics. From these answers, it was done a carefully analysis of the didactic books more used in the Schools. Following, was developed a didactic group of lessons with introductory topics of Modern Physics based on the didactic books, digital educational information's and scientific newspapers. These lessons present a simple language and questions related with the quotidian of the students, instigating the scientific investigation. Finally, these lessons are applied in a previous selected group of students of the second year of the Secondary School on the “Escola Estadual Cilon Rosa” from Santa Maria –RS. The lessons are presented in four (04) classes, where the teacher used, additionally of the explanation classes, virtual activities, newspapers and discussions about the theme. This work shows a high interest of the Secondary School teachers about Modern Physics, as the high determination of the students on the developed activities.

Keywords: Modern Physics, Secondary School, education/leaning

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1) CARACTERÍSTICAS DESTE TRABALHO	13
1.1) Objetivos	13
1.2) Trajetória Acadêmica da Mestranda	14
1.3) Por que Ensinar Física Moderna no Ensino Médio?	15
2) REFERENCIAL TEÓRICO...	23
2.1) Aprendizagem Significativa	23
2.2) Aprendizagem Segundo a Teoria de Piaget	27
3) A Física Moderna no Ensino Médio – Estudos relacionados.....	31
4) PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	38
4.1) Coleta de Informações: Instrumentos	38
4.2) Local de Desenvolvimento da Pesquisa	39
4.3) Atividades Desenvolvidas neste Trabalho	39
4.4) Metodologia de Trabalho	42
5) RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
5.1) Aplicação dos Questionários para os Professores de Física do Ensino Médio ...	45
5.2) Análise dos Currículos de Física para o Ensino Médio	48
5.3) Análise da Bibliografia – Ensino Médio	49
5.4) Aplicação do Módulo Didático	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXO 1: Módulo Didático sobre Física Moderna no Ensino Médio	70

ANEXO 2: Apresentações de trabalhos relacionados à Física Moderna 95

decorrentes desta Dissertação.....

INTRODUÇÃO

Atualmente, vivemos cercados por recursos tecnológicos como telefone celular, computador, MP3, etc. Esses recursos fazem parte do dia-a-dia da maioria dos nossos alunos, uma vez que o acesso a eles está cada vez mais fácil. Entretanto, essa realidade é, de certa forma, ignorada pela maioria das escolas e seus professores, uma vez que o método de Ensino tradicional ainda é o mais utilizado e os currículos escolares não acompanham as mudanças científicas e tecnológicas da sociedade.

Desta forma, os alunos sentem dificuldade em relacionar conteúdos da sala de aula com seu dia-a-dia principalmente conteúdos de Física. A Física trabalhada no Ensino Médio, muitas vezes, é distante da sua realidade e, por isso, é difícil fazer com que este aluno entenda e relacione estes conteúdos com o mundo que o cerca. A maior parte dos alunos sequer sabe que a maioria dos equipamentos tecnológicos presentes na atualidade pode ter seu funcionamento explicado pela Física Moderna. Além disto, existem conteúdos de Física que são muito instigantes, como a aplicação da Física nas áreas da medicina, astronomia, nanotecnologia, etc. Então, por que não mostrar esta Física para os nossos alunos no Ensino Médio?

Acredita-se que há, neste sentido, a necessidade de reformulação do Ensino de Física a nível médio. O Ministério da Educação já propôs através de novos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), uma mudança, inclusive de atitude dos professores, na qual sejam utilizadas novas metodologias e conteúdos para que o aluno tenha uma aprendizagem significativa.

Desta forma, neste trabalho apresentamos uma proposta de aulas de Física Moderna a partir de alguns conteúdos que são sugeridos pelo currículo básico do PEIES (Programa

Experimental de Ingresso ao Ensino Superior da Universidade Federal de Santa Maria – RS) e aplicados em uma turma de alunos pertencentes à segunda série do Ensino Médio. A abordagem será realizada de forma expositiva, com o auxílio de objetos de aprendizagem computacionais e recortes de jornais. Será aplicado em uma turma de alunos de segunda série porque envolve conteúdos como difração, trabalhados nesta série.

Esta proposta vem ao encontro da carência de material apropriado sobre Física Moderna no Ensino Médio, a qual foi apontada pelos professores da Região de Santa Maria – RS. Por meio deste módulo didático e da sua abordagem em sala de aula, buscou-se despertar no aluno, utilizando a aplicação dos conceitos de Física Moderna em diversas áreas do conhecimento, o espírito científico e a melhor compreensão do que realmente a Física nos apresenta como área de conhecimento.

Em uma primeira etapa deste trabalho realizamos um levantamento de dados com alguns professores da região de Santa Maria – RS sobre Física Moderna e sua aplicação no Ensino Médio. Logo após realizou-se a análise de alguns livros utilizados por professores em suas aulas de Física no Ensino Médio e os currículos básicos das escolas de Ensino Médio da região.

Na segunda etapa elaboramos um Módulo Didático no qual são abordados os tópicos de Física Moderna sugeridos nos conteúdos programáticos da maioria das escolas da região de Santa Maria. A aplicação do Módulo Didático, que constitui a terceira etapa deste trabalho, foi realizada com um grupo de alunos da segunda série do Ensino Médio da Escola Estadual Cilon Rosa de Santa Maria, RS.

E, finalmente, analisamos e relatamos os dados obtidos por meio dos questionários e das aulas que foram gravadas com a autorização dos alunos a partir da aplicação do Módulo Didático. A estruturação e a análise dos resultados foram realizadas utilizando-se as bases

conceituais a partir das idéias de Piaget sobre como a aprendizagem acontece e a teoria da aprendizagem de Ausubel que traz como enfoque principal a aprendizagem significativa.

A seguir, no Capítulo 1, apresentamos os principais objetivos e a justificativa deste trabalho. No Capítulo 2, temos a fundamentação teórica realizada a partir dos fundamentos das teorias de aprendizagem e das idéias baseadas em Piaget e Ausubel, assim como os principais trabalhos envolvendo Física Moderna para o Ensino Médio. As principais diretrizes metodológicas que nortearam este trabalho são apresentadas no Capítulo 3. No Capítulo 4 temos a apresentação dos resultados e discussões deste trabalho e finalmente apresentamos as conclusões.

1) CARACTERÍSTICAS DESTE TRABALHO

Apresentaremos neste Capítulo as principais características que nortearam este trabalho. Inicialmente temos os objetivos gerais e específicos propostos.

1.1) Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi elaborar um módulo didático apresentando tópicos de Física Moderna e analisando a aplicação deste em alunos do Ensino Médio observando o interesse e a habilidade do aluno em relacionar estes conteúdos mais avançados e específicos com seu cotidiano.

Para atingir com plenitude o escopo desta proposta podemos citar os seguintes objetivos específicos:

- Analisar os conhecimentos e aplicações de tópicos de Física Moderna de professores do Ensino Médio da região de Santa Maria – RS, mapeando suas habilidades e anseios nestes conteúdos;
- Avaliar os conteúdos programáticos de Física que são explorados nas escolas da região;
- Produzir um módulo didático com conteúdos de Física Moderna;
- Observar a eficácia, frente aos alunos do Ensino Médio, do módulo didático envolvendo tópicos de Física Moderna usando aulas expositivas e recursos computacionais;
- Por meio de situações vivenciadas com o aluno, observar seu interesse e sua capacidade de interpretação/compreensão em assuntos relacionados com tecnologias atuais baseados em Física Moderna.

1.2) Trajetória Acadêmica da Mestranda

É importante apresentar a trajetória acadêmica da Mestranda a fim de ressaltar a importância do desenvolvimento deste trabalho no aprimoramento de suas habilidades em conteúdos e metodologias específicas, principalmente na área de Física Moderna.

A Mestranda realizou o Curso de Licenciatura Plena em Matemática, com Habilitação em Física, na Universidade Regional Integrada (URI), Campus de Santiago, RS. No último ano do Curso de Licenciatura esta foi chamada para trabalhar com Matemática no Ensino Fundamental na Escola Estadual Guilhermina Javorski em Jaguari – RS. Logo após, a Mestranda foi convidada para substituir uma professora que saíra de licença maternidade, para trabalhar com Física na oitava série da mesma escola. Até aquele momento, ela nunca havia avaliado a possibilidade de trabalhar com Física. Ao iniciar o planejamento e trabalhar com os alunos em sala de aula, ela achou muito fascinante a experiência e, a partir daquele momento, começou a dedicar-se mais e mais, pois sabia que precisava estudar muito para atingir este objetivo.

No ano seguinte, iniciou as aulas trabalhando com Física nas primeiras séries do Ensino Médio, mas o desejo de aperfeiçoar-se mais nessa área era constante. Então começou a freqüentar o GTPF – Grupo de Trabalho de Professores de Física, junto ao Centro de Educação da Universidade Federal de Santa Maria. Este grupo encontrava-se semanalmente para planejar, discutir sobre as aulas e tinha um objetivo que era de incluir Física Moderna no Ensino Médio. É importante ressaltar que até aquele momento a Mestranda não tivera contato com a Física Moderna, assim como, muitos outros professores que estavam participando deste grupo. Freqüentou o grupo por dois (02) anos, o que foi muito bom para o seu crescimento profissional, entretanto a Mestranda queria mais.

Em 2004, mudou-se para Santa Maria-RS assim que soube que teria o Curso de Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática na UNIFRA. Inscreveu seu projeto e foi aprovada. O curso foi excelente, pois trazia o aprofundamento dos conteúdos que ela buscava, entre tantas outras experiências.

Chegado o momento de escolher o tema para o seu projeto de Mestrado, houve muitas dúvidas iniciais, mas a certeza veio quando teve a oportunidade de estudar mais sobre o tema Física Moderna. E então, surgiu a pergunta: Por que não trabalhar com a Física Moderna no Ensino Médio?

Desta forma, buscando ampliar sua visão em novos conteúdos e novas abordagens em sala de aula, a Mestranda produziu e aplicou um Módulo Didático sobre conteúdos de Física Moderna para o Ensino Médio. Este Módulo poderá ser trabalhado por outros professores, mesmo aqueles que não tenham aprofundado muito este assunto, uma vez que a linguagem é muito acessível e a abordagem bastante teórica.

1.3) Por que ensinar Física Moderna no Ensino Médio?

Atualmente presenciamos grandes contradições no Ensino de Ciências e no nosso dia-a-dia. No nosso dia-a-dia temos as transformações tecnológicas e científicas que geraram avanços surpreendentes no modo de nos comunicarmos e de vivermos. Mas, por outro lado, o Ensino de Ciências e principalmente o Ensino de Física, ainda baseia-se em conteúdos científicos anteriores a 1900 que são somente uma pequena parcela da contribuição científica para produção das tecnologias atuais.

Desta forma, torna-se necessário uma busca por estratégias no Ensino da Física que estejam relacionadas com os interesses de nossos alunos como apresentam os PCNs. Nos

PCNs (BRASIL/PCN, 2000), é relatado que:

(...) E esse sentido emerge, na medida em que o conhecimento de Física deixa de constituir-se em um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento transforme-se em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. (...)

Conforme Perrenaud (1999),

(...) a Escola Básica não deve ser uma preparação para estudos longos. Deve-se enxergá-la como uma preparação de todos para a vida. Formulando-se mais explicitamente os objetivos da formação em termos de competências e lutarmos abertamente contra a tentação da Escola de ensinar por ensinar, de marginalizar as referências às situações da vida e não reservar tempo para treinar a mobilização dos saberes para situações complexas. (...)

Infelizmente, o aluno termina o Ensino Médio sabendo pouco mais do que quando começou. Portanto, é preciso repensar profundamente o processo de Ensino, abandonando métodos tradicionais e conteúdos desvinculados da realidade adotando estratégias que auxiliem o aluno na compreensão e interpretação do mundo em que vive. Os PCNs (BRASIL/PCN, 2000) já incluem isto como prioridade no Ensino de Física relatando que a Física deve ser um dos passos para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com habilidades para compreender, intervir e participar da realidade que o cerca.

Ou ainda, segundo alguns autores,

(...) a Física desenvolvida na Escola Média deve permitir aos estudantes pensar e interpretar o mundo que o cerca (...) nesse nível de escolaridade devemos estar formando um jovem, cidadão pleno, consciente e, sobretudo capaz de participação na sociedade. Sua formação deve ser o mais global possível, pois sua capacidade de intervenção na realidade em que está imerso tem relação direta com sua capacidade de leitura, de compreensão, de construção dessa mesma realidade. (...) (TERRAZZAN, 1994)

Torres (2001) descreve que

(...) desenvolver as habilidades de pensamento é hoje mais necessário do que nunca. Pois é preciso não somente saber muitas coisas, mas ter habilidade para aplicar esses conhecimentos com eficácia, (...) para escolher acertadamente e valorizar as alternativas existentes de forma responsável, com a finalidade de tomar decisões corretas, desenvolver o espírito de indagação e raciocínio, (...).

Portanto, o pensamento e o conhecimento estão interligados, de forma que o pensamento se torna indispensável para adquirir o conhecimento e o conhecimento é essencial para a aprendizagem. Deste modo, o principal fundamento da educação deveria ser ampliar e aperfeiçoar as habilidades do pensamento e das ações quotidianas.

Entretanto, a atual forma de ensino é centrada na memorização de fórmulas ou procedimentos que serão realizados automaticamente, quando solicitados. Becker (1993) justifica que:

(...) É necessário intensificar os desafios para ativar a capacidade construtiva do aluno. Não adianta, apenas, (...) organizar bem a ação do professor. É preciso organizar bem a ação do aluno, o pólo da aprendizagem (...).

Desta forma, então, desperta-se a curiosidade dos alunos e faz-se com que reconheçam a Física como uma ciência em plena evolução relacionada diretamente com seu cotidiano. A Física do Ensino Médio é carente de significado para o nosso aluno, ele não sabe e pergunta-se a todo instante “para quê estudar isso?”.

Snyders (1988) introduz o termo “alegria” para mencionar a satisfação com relação ao que a escola pode proporcionar aos seus alunos em termos culturais:

(...) Na escola, trata-se de conhecer alegrias diferentes que as da vida diária; coisas que sacodem, interpelam a partir do que os alunos mudarão algo em sua vida, darão um novo sentido a ela, darão um sentido a sua vida. Se é preciso entrar na classe, é porque, no pátio, vocês não atingem o grau mais elevado de liberdade, nem de alegria. (...).

É preciso que o professor ajude o seu aluno a encontrar este significado a que Snyders (1988) refere-se, mostrando a Física que está na sua vizinhança e não simplesmente a dos livros. É preciso que o professor, sobretudo, não forneça todas as respostas, mas desperte a curiosidade do seu aluno com relação ao conteúdo e permita a ele construir sua opinião e lançar suas hipóteses. Segundo Becker (1993), o Ensino visando à construção (produção) de conhecimento caracteriza-se pela promoção de debate, da hipótese divergente, da dúvida – real ou metódica -, do confronto de idéias, de informações discordantes e, também, da exposição competente de conteúdos formalizados.

Para resolver problemas em diferentes enfoques, o estudante deve ter uma capacidade especial, um pensamento simultâneo em diferentes planos lógicos, uma habilidade para construir várias cadeias lógicas e guardar na memória muitas informações. Portanto, quando o Ensino é estruturado corretamente entre os conhecimentos, as habilidades e os hábitos originam-se interações dinâmicas que desempenham um importante papel na atividade criativa do estudante (ARRUDA, 2003). Isso justifica a estruturação das aulas. Não basta transmitir informações aos nossos alunos e esperar que eles reproduzam depois. Na maioria das vezes é isso que acontece, e ainda dizemos que o nosso aluno não aprende, uma vez que não consegue reproduzir. Mas quem garante que aquele que reproduz aprendeu? Se for solicitado a responder outras questões, generalizando o tema que foi trabalhado, saberá responder corretamente? Esse aluno consegue relacionar o assunto tratado em aula com outras situações do seu cotidiano, por exemplo? Acredita-se que, para construir as habilidades pretendidas para um determinado conteúdo, o Ensino deve ser estruturado, ou seja, o professor deve pensar e repensar suas aulas, tentando garantir ao estudante a condição de sujeito ativo da sua própria aprendizagem, considerando, como ponto de partida, a estrutura cognitiva do aluno.

De acordo com os PCNs (BRASIL, 2000) a contextualização pode ser uma forma de fazer com que o aluno se identifique com os problemas e as atividades propostas.

Sugere-se, ainda, que sejam considerados fenômenos e objetos familiares aos estudantes e questões que despertem sua curiosidade. A reforma para o Ensino Médio, pretendida pela LDB (1996), na qual o Ensino Médio tem como finalidade consolidar e aprofundar conhecimentos do Ensino Fundamental, preparar o estudante para o mundo do trabalho e cidadania, fornecer condições para que os alunos continuem aprendendo e levá-los a compreender fundamentos científicos e tecnológicos, pode ser alcançado com recursos

disponíveis, atualização curricular, professores preparados e mudança nas abordagens e de conteúdos, por exemplo.

Esses fatores que poderiam auxiliar no sentido da reforma são, na verdade, os problemas mais freqüentes enfrentados pelo Ensino Básico, principalmente no Ensino Público. Os recursos são escassos, os professores, na sua maioria, não dispõem de tempo ou motivação para atualizar-se e modificar suas metodologias. Percebe-se que existe hoje, entre os educadores e pesquisadores em educação, um consenso no que diz respeito à reforma curricular, mas, embora alguns passos já tenham sido dados (propostos pelos PCNs e pela LDB), muito pouco tem sido realizado na prática. Fala-se em despertar interesse dos alunos, trabalharem-se conteúdos relacionados com seu cotidiano e, no entanto, continua-se trabalhando com a Física de séculos atrás. Snyders (1988, apud ALVETI, 1999) defende que a escola precisa ser transformada e diz que “(...) é a renovação dos conteúdos que suscita a renovação dos métodos, das relações entre professores e alunos, das obrigações e de disciplina (...)”.

Há algum tempo discute-se (final da década de 70) sobre a inserção da Física Moderna no Ensino Médio para auxiliar na formação de um jovem cidadão atuante na sociedade em que vive. Percebe-se que, apesar de alguns currículos de escolas já terem incluído alguns tópicos de Física Moderna, a maioria dos professores não trabalha nenhum desses com seus alunos. Esta situação é inaceitável em uma época que idéias revolucionárias, baseadas em conceitos de Física Moderna, mudaram a ciência e são bases de grande parte da tecnologia existente na atualidade.

Dependendo da área que o aluno escolher para seguir seus estudos, o Ensino Médio pode ser a única oportunidade de discutir sobre ciência, assim, grande parte dos estudantes sairá da escola sem contato algum com uma das grandes ciências da atualidade. Desta

forma, conteúdos de Física Moderna correspondem a uma necessidade fundamental dos nossos currículos de Física. A própria importância dos temas de Física Moderna e Contemporânea na constituição da Física, enquanto área do conhecimento científico, exige sua inclusão nos currículos escolares. (TERRAZAN, 1994, p. 34)

Admite-se que a prática pedagógica constitui um grande desafio nos dias de hoje, uma vez que nossos alunos estão expostos a tecnologias e informações e os professores, muitas vezes encontram dificuldades para acompanhar esta evolução. Sabe-se que qualquer mudança, embora necessária, exige muita reflexão, investigação e, acima de tudo, vontade de mudar. É preciso, também, saber realizar escolhas sobre o que é necessário e viável que o aluno aprenda, levando em consideração quais as habilidades que queremos que ele desenvolva. Sabe-se, porém, que, existem dificuldades para o professor encontrar tempo para atualizar-se, faltam opções de cursos que abordem tópicos de Física Moderna e carecem também de materiais adequados ao Ensino Médio. Estes são apenas alguns dos problemas com que professores se deparam ao tentar inovar em suas aulas.

Nesse sentido, pensou-se em uma proposta de trabalho que inclui alguns tópicos de Física Moderna aplicados a alunos do Ensino Médio, oferecendo um material para o professor utilizar em sala de aula que possa despertar o interesse do aluno em aprender a Física do seu cotidiano. Terrazzan (1994, apud OSTERMANN, 2001) sugere que apenas alguns tópicos de Física Moderna sejam trabalhados no Ensino Médio, ao mesmo tempo em que defende a busca de sustentação na Física Clássica para se trabalhar esses tópicos. Segundo os autores, o aconselhável é a realização de uma seleção de alguns temas, trabalhando-os de maneira estruturada e devidamente fundamentada, pois poderão servir de base para outros conhecimentos posteriores. Por isso, escolheu-se para esse trabalho apenas alguns tópicos como, radiação dos corpos, efeito fotoelétrico e dualidade onda-partícula, os

quais poderão servir, posteriormente, como introdução para outros tópicos mais abrangentes. Esses conteúdos são sugeridos pelo PEIES (Programa Experimental de Ingresso ao Ensino Superior da Universidade Regional de Santa Maria) em seu conteúdo programático o qual é seguido pela maioria das escolas da região.

2) REFERENCIAL TEÓRICO

Apresentamos algumas considerações sobre o processo ensino-aprendizagem segundo Ausubel e sobre a teoria da aprendizagem de Piaget que servirão de base para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1) Aprendizagem Significativa

Tendo como base a obra de Marco Antonio Moreira e Bernardo Buchweitz, chamada Mapas Conceituais (1987), iniciaremos uma breve abordagem sobre a aprendizagem significativa proposta por Ausubel.

Ausubel (MOREIRA e BUCHWEITZ, 1987) defende em sua teoria da aprendizagem que:

(...) novas idéias e informações podem ser aprendidas e retidas na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e sirvam, dessa forma, de ancoradouro a novas idéias e conceitos. (...)

Estrutura cognitiva “significa uma estrutura hierárquica de conceitos na mente do indivíduo”. É onde as idéias estão organizadas podendo ser utilizadas, através de processos cognitivos, na obtenção e utilização do conhecimento. Ou seja, quando o indivíduo recebe uma informação que possua significado, pois está relacionada com conceitos existentes na sua estrutura cognitiva, e poderá ser assimilada, contribuindo para sua diferenciação,

estabilidade e elaboração, diz-se que a aprendizagem é significativa.

A aprendizagem significativa, para Ausubel, é um processo onde uma nova informação relaciona-se com um acontecimento relevante da estrutura de conhecimento do aprendiz e ocorre quando a nova informação se baseia em conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo. O processo de aprendizagem envolve a interação entre uma informação nova com uma estrutura de conhecimento característica que Ausubel definiu como “conceitos subsunçores” que existem na estrutura cognitiva do aprendiz.

Para Ausubel, quando novas informações não estão sendo associadas a conceitos relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz, a aprendizagem se dá de maneira mecânica ou automática. Deste modo, a nova informação é armazenada ficando distribuída de maneira eventual na estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. Entretanto, Ausubel não faz distinção entre aprendizagem significativa e mecânica como sendo uma dicotomia, mas como um “*continuum*”.

Ausubel faz distinção, ainda, de “aprendizagem por descoberta e aprendizagem por recepção”. Para ele, a aprendizagem se dá por recepção quando o indivíduo recebe o que deverá ser aprendido de forma pronta e acabada. Quando o indivíduo deve realizar descobertas a respeito do conteúdo a ser desenvolvido a aprendizagem é definida como aprendizagem por descoberta, entretanto, essa somente será significativa se o conteúdo descoberto estiver ligado a conceitos subsunçores da estrutura cognitiva. Portanto, para Ausubel, qualquer uma das formas de aprendizagem pode ser significativa, desde que a nova informação não seja armazenada de maneira eventual na estrutura cognitiva do aprendiz.

Percebe-se que a aprendizagem significativa se dá mediante a existência de conceitos subsunçores. Entretanto, quando uma informação faz parte de um conhecimento

totalmente novo para o indivíduo e, portanto, os conceitos subsunçores inexistem, admite-se que a aprendizagem mecânica faz-se necessária.

(...) Isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados. À medida que a aprendizagem começa a ser significativa esses subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações (...). (MOREIRA e BUCHWEITZ, 1987)

Ausubel propõe ainda o uso de “organizadores prévios” para servir de ponte entre o que o indivíduo já sabe e o que ele deve aprender. Esses organizadores são materiais introdutórios que devem facilitar a aprendizagem subsequente, pois são apresentados ao aprendiz antes mesmo do conteúdo a ser aprendido. Desta forma, os organizadores prévios facilitam a aprendizagem na medida em que fazem a ligação entre as estruturas cognitivas do aprendiz.

Segundo Moreira e Buchweitz (1987), Ausubel descreve o processo de subsunção através do que chama “princípio da assimilação”. Quando um conceito significativo é assimilado a partir de outro que já faz parte da estrutura cognitiva, ocorre a assimilação. Nessa interação os dois conceitos, o conceito novo e o subsunçor, se modificam na interação e permanecem relacionados tornando-se um único subsunçor modificado.

Após a aprendizagem significativa, inicia-se a “assimilação obliteradora” que se constitui naturalmente, tornando as novas informações espontâneas e dissociadas de seus subsunçores até tornarem-se indisponíveis, o que acaba facilitando novas aprendizagens.

Moreira, em sua obra Teorias de Aprendizagem (1999), também traz excelentes

contribuições no campo da aprendizagem e as relações com o dia-a-dia do aprendiz e do professor. Um dos capítulos que é dedicado à teoria de Ausubel será sintetizado nos três parágrafos seguintes de forma a sustentar as idéias previamente expostas.

Conforme a teoria Ausubeliana, a estrutura cognitiva de um indivíduo pode ser influenciada substantivamente, quando se apresenta conceitos e princípios unificadores e inclusivos, com maior poder de explanação e integração, ou empregando-se métodos adequados de apresentação do conteúdo e a utilização de relações programáticas adequadas para a organização seqüencial dos assuntos a serem abordados. Assim, o professor deverá estar atento às seguintes condições para que ocorra a aprendizagem significativa:

- identificar a estrutura da matéria de Ensino, procurando localizar os conceitos unificadores e mais abrangentes e os específicos;

- identificar quais os subsunçores que são necessários estar presentes na estrutura cognitiva do aprendiz;

- verificar quais os subsunçores que realmente existem, ou seja, analisar o que o aluno já sabe para, enfim, trabalhar utilizando recursos a fim de desenvolver uma aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa deverá ocorrer se o material a ser aprendido for “potencialmente significativo”, ou seja, estiver relacionado de maneira não-arbitrária com a estrutura cognitiva do aluno e que o aluno, por sua vez, possua os subsunçores necessários para essa aprendizagem. É necessário, também, que o aluno estabeleça relação não-arbitrária do novo conceito com sua estrutura cognitiva, entretanto, se o aluno quiser apenas memorizar o novo material, sua aprendizagem será mecânica. Logo, é fundamental que o aluno deseje aprender e que o material disponível para essa aprendizagem seja potencialmente significativo.

Para diagnosticar se a aprendizagem foi realmente significativa o professor poderá propor aos alunos, a resolução de problemas novos de modo que, para obter sua solução, os alunos tenham necessidade de transformar o conhecimento adquirido o máximo possível.

2.2) Aprendizagem Segundo a Teoria de Piaget

A psicologia do desenvolvimento é uma área da psicologia que estuda o desenvolvimento do ser humano em todos os seus aspectos (físico-motor, intelectual, afetivo-emocional e social) desde o nascimento até a fase adulta, quando esses aspectos tornam-se mais estabilizados. Entre as teorias do desenvolvimento humano, destaca-se a de Jean Piaget, por seu rigor científico e pelas implicações práticas de sua teoria, principalmente na Educação. Segundo Moreira (1999), Piaget é, sem dúvida, o pioneiro do enfoque construtivista à cognição humana.

Para Piaget, cada período do desenvolvimento humano pode ser caracterizado de acordo com a capacidade do indivíduo, ou seja, por aquilo que ele consegue fazer de melhor. Todo ser humano passa por todos os períodos, sensório-motor, pré-operatório, operações concretas e operações formais, entretanto, o início e o fim de cada um deles dependem das características biológicas de cada indivíduo e de fatores sociais e educacionais.

No período sensório-motor, geralmente entre 0 e 2 anos, a criança vai conquistando, através da percepção e de movimentos, tudo que a cerca. Ao final desse período, começa a utilizar a inteligência prática e evolui de uma atitude passiva, em relação ao ambiente ao seu redor, para uma atitude ativa e participativa. Entretanto, esse progresso é limitado, pois o conhecimento da criança não vai além do que está diretamente relacionado às suas ações

e acontecimentos a sua volta.

O período pré-operatório, entre dois (02) e sete (07) anos aproximadamente, compreende a fase em que se dá o aparecimento da linguagem e, portanto, a aceleração do desenvolvimento do pensamento e o surgimento de várias novas capacidades, embora continue vendo a realidade como ela a afeta.

O desenvolvimento mental no período das operações concretas (entre 7 e 12 anos) é marcado pelo início da construção lógica, ou seja, do ponto de vista intelectual, a criança será capaz de realizar ações físicas ou mentais com um objetivo uma vez que seu pensamento está melhor organizado. É nessa fase que a criança começa a formar o conceito de número. Aproximadamente a partir dos 12 anos, período das operações formais, ocorre a transposição do pensamento concreto para o pensamento abstrato, isto é, o adolescente passa a dominar, cada vez mais a capacidade de abstrair e generalizar. Esse período estende-se até a fase adulta. (MOREIRA, 1999)

Durante o desenvolvimento mental, resumidamente comentado, a passagem de um período para outro não se dá de maneira rápida e nem quer dizer que uma criança estando em uma das fases não possa apresentar, ainda, características da fase anterior. As características vão se formando lentamente e progressivamente, seguindo a ordem seqüencial dos períodos, até chegar ao pensamento formal. (MOREIRA, 1999)

Embora seja uma teoria de desenvolvimento mental, e não especificamente de aprendizagem, são inúmeras as aplicações teóricas na Educação, conforme comentado anteriormente. Richmond (1981) diz que vários professores que são experientes e talentosos utilizam em sala de aula conceitos de Piaget de maneira inconsciente. Esse autor salienta que a tese de Piaget pode ser aplicada na educação no que se refere a métodos de ensino e organização de situações de aprendizagem e de currículos.

Segundo Richmond (1981) a assimilação e acomodação são dois processos que estão presentes em todos os estágios do desenvolvimento intelectual. Cada situação de aprendizagem envolve assimilação, ou seja, para que uma experiência tenha significado para uma criança é fundamental que ela seja capaz de

(...) ajustar aquela experiência a seu modelo mental. De fato, todas as experiências novas precisam estar relacionadas com experiências que a criança já compreenda, isto é, toda a aprendizagem nova precisa ser baseada em aprendizagem velha. Uma experiência só é significativa na medida em que pode ser assimilada. (...) (RICHMOND, 1981)

Logo, a assimilação é a aplicação de uma experiência passada em uma experiência nova, e o processo de ajuste da experiência passada para o presente é acomodação.

Moreira (1999) ressalta que para Piaget, só há aprendizagem quando há acomodação, ou seja, uma reestruturação da estrutura cognitiva do indivíduo que resulta em novos esquemas de apropriação de certo conteúdo.

A partir do exposto, conclui-se que o papel do professor deverá ser o de direcionar os conteúdos trabalhados em sala de aula para as experiências passadas dos alunos, estimulando-os a utilizar seus conhecimentos em novas situações. Ou seja, o professor deve partir do que o aluno já tem de conhecimento prévio, organizando situações de aprendizagem, e ensinando-o a partir de uma acomodação entre um conhecimento que o aluno já possui e o novo.

Moreira (1999) salienta que a escola não está preocupada, muitas vezes, com o nível de desenvolvimento mental do aluno ao aprender, e, ao término do Ensino Médio ou primeiros anos de universidade os alunos são ensinados em um nível extremamente formal.

Moreira ressalta o argumento de Piaget de que ser “bom aluno” ou “mau aluno” em alguma determinada área de conhecimento está relacionado com sua capacidade de adaptar-se ao tipo de Ensino oferecido. (MOREIRA, 1999) Um aluno pode não dar-se muito bem em uma área, mas ser “bom” em outra, esse aluno tem plenas condições de dominar o que parece não entender, por isso deve-se tentar fazer com que o aluno chegue ao entendimento por outros caminhos, “(...) são as lições oferecidas que lhes escapam à compreensão, e não a matéria(...)”. (Piaget, 1977; Moreira, 1999)

Piaget, segundo Richmond (1981), diz que o sujeito precisa ser ativo, precisa transformar coisas e descobrir a estrutura de suas próprias ações sobre os objetos. Entende-se, portanto, que para que a aprendizagem aconteça, o aluno precisa ter contato com a realidade concreta.

A interação social representa um grupo onde cada indivíduo deve contribuir para seu funcionamento expressando pontos de vista, maneiras de se resolver um determinado problema, eliminando contradições.

As palavras podem incorporar conceitos que podem ser ligados em sentenças para descrever situações concretas ou relações entre conceitos. Correspondem ao meio pelo qual o pensamento é formulado, ou reformulado. Entretanto, a utilização da linguagem depende das ações mentais que o indivíduo é capaz de realizar.

A linguagem é considerada por Piaget um fator muito importante para o desenvolvimento de ações mentais, juntamente com a interação com o ambiente e o amadurecimento neural. Logo, a linguagem seria mais eficaz se tratada juntamente com a ação com o ambiente físico. (RICHMOND, 1981)

Pode-se dizer que a teoria de Piaget auxilia na determinação das lições a serem

trabalhadas em cada idade. Os modos de pensamentos das crianças podem ser medidos pelo professor. Quando uma criança atinge certo nível de desenvolvimento, ela está pronta para trabalhar com modos de pensamentos deste estágio.

A teoria de Piaget não é, como já comentamos, uma teoria de aprendizagem ou de Ensino, mas sugere que, em uma situação de Ensino, o professor procure utilizar meios pelo qual seja possível uma ação direta do aluno com o concreto, discussões em grupo e o emprego da linguagem.

3) A Física Moderna no Ensino Médio – Estudos Relacionados

Apresentamos, aqui, uma breve revisão sobre a inserção de Física Moderna no Ensino Médio.

Ostermann (2000) traz justificativas para introdução de Física Moderna no Ensino Médio, como: melhorar o entendimento do mundo atual, renovar o Ensino no sentido de despertar a curiosidade e interesse dos alunos pela Ciência, superar a visão linear e cumulativa do desenvolvimento científico, entre outras. Paulo (1997, apud OSTERMANN, 2000) afirma que a Física Moderna no Ensino Médio pode auxiliar na superação de barreiras epistemológicas e pode fazer com que o aluno tenha uma capacidade cognitiva maior.

De acordo com o PCNs (BRASIL, 2000), alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir ao indivíduo adquirir uma maior compreensão sobre como se constitui a matéria, de forma a que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos, laser, etc. presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. Sobre esses materiais, com certeza, o nosso aluno, no mínimo já ouviu falar. Entretanto, eles não fazem parte dos programas de Física do Ensino Médio. Surge então o questionamento: Quando é que nossos alunos terão oportunidade de aprender esta Física que está presente no seu cotidiano, mas não faz parte dos currículos escolares? Pereira (1997, apud OSTERMANN, 2000) coloca que a atual sociedade é altamente tecnológica e que para compreendê-la, é função da escola incluir nos seus currículos esses assuntos importantes para a formação de um cidadão esclarecido.

Terrazzan (1994) identifica três vertentes representativas de abordagens

metodológicas para incluir Física Moderna no Ensino Médio:

- (i) explorar os limites do Modelo Clássico;
- (ii) evitar referências diretas ao Modelo Clássico;
- (iii) escolher tópicos essenciais.

Ressalta, ainda, que trabalhar Física Moderna explorando os limites da Física Clássica pode ser uma alternativa eficaz e traz a proposta de Arnold Arons (1990 – Universidade de Washington – EUA) de que não se pode trabalhar todos os tópicos de Física Moderna no Ensino Médio, mas seria suficiente a introdução do conceito de fótons, elétrons, núcleos, estrutura dos átomos e, até mesmo, alguns aspectos da relatividade. Entretanto, Terrazzan (1994) ressalta que se corre o risco de produzir uma programação sem a unidade necessária, do tipo “colcha de retalhos” e, para que isso seja evitado, propõe que sejam escolhidos tópicos essenciais e que sejam constituídos de maneira a ficarem inter-relacionados.

Valadares e Moreira (1998), em seu trabalho “Ensinando Física Moderna no Ensino Médio”, apresentam sugestões para introduzir tópicos de Física Moderna no Ensino Médio, como efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro, relacionando-os com a realidade do aluno e utilizando atividades experimentais que possuem princípios baseados na tecnologia da atualidade. Segundo os autores, a importância de se trabalhar com Física Moderna consiste, principalmente, no fato de que o aluno de Ensino Médio deve conhecer os fundamentos da tecnologia da atualidade uma vez que está em contato direto com ela e ela irá definir, certamente, seu futuro profissional.

Karam (2005) em sua Dissertação de Mestrado, intitulada “Relatividade Restrita no início do Ensino Médio: Elaboração e Análise de uma Proposta”, refere-se a construção de uma proposta de material didático e sua aplicação e análise para discutir tópicos da Teoria da Relatividade Restrita, na primeira série do Ensino Médio, a partir de conceitos da

Mecânica. O autor comenta que são inúmeros os trabalhos sobre a inserção de Física Moderna no Ensino Médio, entretanto, raramente a Física Moderna e, cita ainda, dificuldades como: professores sem formação específica, Ensino voltado para exames de vestibular, falta de material didático específico, entre outras. No entanto, defende que os professores devem trabalhar com seus alunos desde o primeiro ano do Ensino Médio com conceitos de relatividade e que os resultados são satisfatórios.

Outra proposta de inserção da Física Moderna e Contemporânea ao currículo da Escola Média, de forma integrada aos demais campos e aspectos da Física, é o trabalho "Texto e contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Escola Média" de Canato Júnior (2003). O autor defende que uma inserção contextualizada de Física Moderna e Contemporânea na Escola Média é mais eficaz com base em uma reformulação curricular ampla, ao invés de simplesmente acrescentá-la ao currículo já existente. Neste trabalho, são abordados alguns conceitos e utilizados instrumentos teóricos como texto, contexto, hipertexto, rede de significados, competências e habilidades e analisados diversos trechos de uma coletânea de fascículos destinados ao Ensino Médio.

Para a aplicação do Módulo Didático sobre Física Moderna deste trabalho utilizou-se, como um dos recursos didáticos, o computador, a fim de estimular a participação e o interesse dos alunos. O objetivo era o de fazer com que eles visualizassem o que estava sendo trabalhado e, ao mesmo tempo, pudessem interagir com algumas atividades experimentais propostas. Para Valente (2002),

(...) A informática na educação refere-se à inserção do computador no processo de ensino-aprendizagem de conteúdos curriculares de todos os níveis e modalidades da educação (...) isto é, enfatiza o fato de o professor da disciplina

curricular ter conhecimento sobre os potenciais educacionais do computador e ser capaz de alternar adequadamente atividades tradicionais de ensino-aprendizagem e atividades que usam o computador. (...)

Acredita-se que o computador é um importante aliado do professor. De acordo com a concepção de Borges Neto (1999) sobre Informática Educativa,

(...) computador é um suporte a mais na sala de aula, para que o professor possa explorar suas potencialidades e capacidades, a fim de que o aluno construa novos conhecimentos e vivencie situações significativas. Construção essa realizada com o mediador disposto a dar autonomia, evitando que o aluno mais reaja do que atue, mais siga do que construa (...).

Pelo fato deste trabalho de Dissertação contar com um Módulo Didático bastante teórico e, portanto, poderia se tornar um pouco cansativo para os alunos e procurando transformar um pouco o modo de desenvolver as aulas tradicionais de Física o professor utilizou recursos educacionais computacionais. Deve-se ter claro que o professor não deve ignorar a tecnologia da atualidade. Então, por que não utilizar essa tecnologia, que os alunos consideram tão mais interessante do que as aulas tradicionais, a seu favor, ou melhor, em favor da aprendizagem dos seus alunos?

Conforme Valente (1993),

(...) O computador pode provocar uma mudança de paradigma pedagógico.(...)
Existem diferentes maneiras de usar o computador na educação. Uma maneira é informatizando os métodos tradicionais de instrução. Do ponto de vista pedagógico, esse seria o paradigma instrucionista. No entanto, o computador

pode enriquecer ambientes de aprendizagem (...), onde o aluno tem chance de construir seu conhecimento. Nesse caso, o conhecimento não é passado para o aluno. O aluno não é mais instruído, ensinado, mas é o construtor do seu próprio conhecimento. Esse é o paradigma construcionista, onde a ênfase está na aprendizagem ao invés de estar no ensino; na construção do conhecimento e não na instrução (...)

A abordagem denominada por Papert (1994), de Construcionismo, permite que o aprendiz possa construir seu conhecimento através do computador. Então conforme aborda Papert (1994), os símbolos usados para transmitir e construir são temas que ultrapassavam os limites do Ensino, sendo um movimento educacional maior e mais variado dentro do qual se situa o Construcionismo.

Tajra (1998) afirma que "(...) O professor deve estar aberto para as mudanças, principalmente em relação á sua postura; ele precisa aprender a aprender. (...)" Caso contrário, fica difícil conceber uma atuação docente de boa qualidade frente às novas tecnologias se o educador não caminhar em direção ao desenvolvimento de uma visão pedagógica inovadora.

Conforme Tajra (1998),

(...) Como a implantação da informática na área educacional é um fator ainda prematuro, muitos se questionam sobre a utilização, mas não vemos a possibilidade de não utilizá-la, pois não se trata apenas de um instrumento com fins limitados, mas com várias possibilidades de utilização, desde a possibilidade de efetuar pesquisas, simulações, comunicações ou, simplesmente, para entretenimento. Cabe a quem vai utilizá-la para fins educacionais definir qual objetivo se quer atingir, pois mesmo a sua utilização restrita tem importante

valor(...)

A sociedade atual está exigindo cada vez mais cidadãos críticos, criativos, reflexivos, com capacidade de aprender a aprender, de trabalhar em grupo, de se conhecer como indivíduo e como membro participante de uma sociedade que busca o seu próprio desenvolvimento, bem como o de sua comunidade.

Por essa razão, segundo Valente (2002),

(...) a educação não pode mais restringir-se ao conjunto de instruções que o professor transmite a um aluno passivo, mas deve enfatizar a construção do conhecimento pelo aluno e o desenvolvimento de novas competências necessárias para sobreviver na sociedade atual. (...)

Portanto, o professor precisa deixar de lado o papel que muitas vezes acaba assumindo, o de simplesmente transmitir informações, permitindo que o seu aluno participe do processo de Ensino. Ele deve ser um sujeito ativo, tendo sua própria opinião, construindo sua própria aprendizagem e propondo suas próprias ferramentas para que seja capaz de enfrentar uma realidade em que o mercado de trabalho e a sociedade estão cada vez mais exigentes e competitivos.

4) PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Apresentaremos a seguir os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho, para avaliação e relato dos resultados obtidos.

4.1) Coleta de Informações: Instrumentos Utilizados

Para a realização deste trabalho, que está pautado em um relato de experiência, utilizaram-se inicialmente três instrumentos de coleta de dados diferentes a fim de auxiliar no desenvolvimento do Módulo Didático sobre Física Moderna para o Ensino Médio. Os instrumentos utilizados foram:

- 1- Questionário aplicado a alguns professores do Ensino Médio da Região de Santa Maria - RS sobre conhecimento/aplicação de tópicos de Física Moderna;
- 2- Análise do currículo básico de algumas escolas de Ensino Médio da região de Santa Maria e o programa de vestibulares da mesma região;
- 3- Análise de alguns livros utilizados no Ensino Médio.

Após a análise dos resultados obtidos com esses três instrumentos, iniciou-se a segunda etapa, constituindo-se como o quarto (4º) instrumento de avaliação:

- 4- Elaboração e aplicação de uma proposta didática que inclui tópicos de Física Moderna no Ensino Médio verificando paralelamente sua efetividade.

4.2) Local de Desenvolvimento deste trabalho

A aplicação do Módulo Didático foi realizada com um grupo de alunos da segunda série do Ensino Médio da Escola Estadual Cilon Rosa, Santa Maria – RS, durante o segundo semestre do ano de 2006. Foram realizados quatro (04) encontros, com duração de duas (02) horas cada, pela parte da tarde, já que os alunos freqüentavam regularmente as aulas pela manhã.

Os alunos foram convidados a participar das aulas, ou seja, não teriam nenhuma recompensa a não ser o conhecimento. As aulas foram ministradas no turno da tarde (diferente do horário normal de aula) porque os tópicos que serão trabalhados não fazem parte do programa proposto para a segunda série e pelo fato de que os professores da escola na qual o Módulo Didático foi aplicado realizaram uma greve que durou em torno de trinta dias, assim, todo o conteúdo previsto para o ano deveria, então, ser trabalhado de abril até a data de realização da prova do PEIES (meados do mês de dezembro). A prova do PEIES (Programa Experimental de Ingresso ao Ensino Superior da Universidade Federal de Santa Maria) é realizada ao final de cada série no Ensino Médio. Os alunos que atingirem a pontuação necessária para o curso desejado estão aptos, ao final da terceira série, a ingressarem na Universidade sem precisar prestar o exame Vestibular.

4.3) Atividades Desenvolvidas neste Trabalho

Para o pleno desenvolvimento deste trabalho realizamos várias atividades em diferentes segmentos, como professores, alunos, etc, como apresentado a seguir:

(i) Pesquisa com professores do Ensino Médio da Região de Santa Maria - RS sobre tópicos

de Física Moderna:

Foram distribuídos dez (10) questionários específicos para professores que trabalham com Física no Ensino Médio na região de Santa Maria-RS. Nesse, questionário, os professores responderam as seguintes questões:

- Qual sua formação?
- Em seu curso de graduação, foram trabalhados tópicos de Física Moderna? Como foi seu desempenho?
- Você trabalha com Física Moderna no Ensino Médio? Quais os tópicos? Os alunos têm muitas dificuldades de aprendizagem?
- Qual sua opinião sobre a abordagem da Física Moderna nos Livros Didáticos? Quais os que você utiliza em suas aulas?
- Você acredita na importância do Ensino de Física Moderna no Ensino Médio? Por quê?
- Sugestões/Críticas.

Analisaram-se as respostas dos professores, pois, a partir de suas respostas foi desenvolvido o módulo didático. Ou seja, foi levado em consideração o conhecimento que o professor tem a respeito da Física Moderna, suas dificuldades, os tópicos que trabalham ou que acreditam na importância de serem trabalhados e as suas opiniões sobre a maneira como os livros didáticos abordam esses tópicos.

(ii) Análise do currículo básico de algumas escolas de Ensino Médio da região de Santa Maria e os programas de vestibulares da mesma região;

Foi realizado um levantamento dos currículos básicos para o Ensino Médio de

algumas escolas da região de Santa Maria, e dos vestibulares das universidades da mesma região, a fim de verificar quais os tópicos de Física Moderna são sugeridos.

(iii) Revisão bibliográfica em livros utilizados no Ensino Médio;

Foram analisados os seguintes livros didáticos que são utilizados pelos professores entrevistados para a realização deste trabalho, a fim de verificar se trazem alguma abordagem sobre Física Moderna e como é o seu desenvolvimento:

(1) AMALDI, Ugo. *Imagens da Física*. Vol. Único. Ed. Scipione. São Paulo – SP, 1995.

(2) CARRON, Wilson e GUIMARÃES, Osvaldo. *As faces da Física*. Vol. Único. Ed. Moderna. São Paulo – SP, 1997.

(3) GASPAR, Alberto. *Física*. Vol. 3. Ed. Ática. São Paulo - SP, 2000.

(4) GREF, Grupo de Reelaboração de Ensino de Física. *Leituras de Física*.

(5) NICOLAU, Gilberto F.; PENTEADO, Paulo C.; TOLEDO Paulo e TORRES, Carlos M. *Física Ciência e Tecnologia*. Vol. Único. Ed. Moderna. São Paulo - SP, 2001.

(6) RAMALHO, Francisco Júnior; NICOLAU Gilberto Ferraro e TOLEDO Paulo A. *Os Fundamentos da Física*. Vol. 3. Ed. Moderna. São Paulo – SP, 2003.

(iv) Proposta didática incluindo tópicos de Física Moderna no Ensino Médio;

Com base nos dados obtidos nas análises descritas acima, desenvolveu-se um módulo didático envolvendo tópicos de Física Moderna, que poderá ser utilizado por professores do Ensino Médio em suas aulas. Os tópicos abordados serão: radiação dos corpos, efeito fotoelétrico e dualidade onda-partícula os quais são sugeridos pelo

currículo básico do PEIES. Este módulo está apresentado na íntegra no Anexo 1. Após o desenvolvimento do módulo, este foi aplicada em uma turma de segunda série e verificada sua efetividade.

4.4) Desenvolvimento do Módulo Didático

Após o término da fase inicial de aplicação de questionários aos professores, análise de currículos das escolas e análise de livros didáticos, iniciou-se a fase de elaboração do produto: **MÓDULO DIDÁTICO SOBRE FÍSICA MODERNA PARA O ENSINO MÉDIO**, presente no Anexo 1.

Utilizou-se como recursos para elaboração do Módulo alguns livros sugeridos para o Ensino Médio e para o Ensino Superior, sites da Internet e artigos científicos. Inicialmente realizou-se um estudo aprofundado sobre os tópicos que seriam trabalhados e, após, procurou-se organizar um esboço de como seriam trabalhados esses tópicos com os alunos. O Módulo Didático é quase que exclusivamente teórico, e os textos foram escritos com uma linguagem acessível para que os alunos não tenham maiores dificuldades para compreendê-los.

Após a elaboração do Módulo Didático (conforme anexo 1), iniciou-se uma busca pela forma como seriam abordadas as aulas de maneira a torná-las mais interessantes e diversificadas. Recorreu-se ao computador e à Internet, ou seja, para aplicação do Módulo com os alunos resolveu-se utilizar os recursos audiovisuais disponíveis na escola (laboratório de informática e data-show). Novamente, iniciava-se um planejamento, agora das aulas propriamente ditas.

As aulas foram apresentadas aos alunos, no Power Point, com figuras, coloridas,

com movimento, e, ao final, com questionamentos sobre a mesma e, para análise dos dados obtidos, as aulas foram gravadas com autorização dos alunos.

Ao início de cada encontro, cada aluno recebeu uma cópia da aula que seria apresentada para melhor acompanhá-la e deveria entregar, ao final, a resposta dos questionamentos sobre o que foi trabalhado.

Inicialmente, foi realizado um levantamento sobre o que os alunos sabiam sobre alguns termos que seriam utilizados e, ao mesmo tempo, foram sugeridas algumas questões para que os alunos respondessem, com o objetivo de fazer com que eles tentassem buscar as respostas e percebessem que, o que seria trabalhado, ao contrário do que muitos pensam, é algo muito próximo deles e de muita importância para que compreendam a tecnologia atual e o seu próprio cotidiano.

Embora para o desenvolvimento das aulas tenha sido utilizado o data-show ou os computadores do laboratório de informática da escola, as aulas foram desenvolvidas de maneira alternada, ou seja, houve aulas expositivas, na qual os alunos foram convidados a todo instante a participar. Também aconteceram momentos com aulas envolvendo formação de novas concepções, aula de resolução de atividades, etc. Entretanto, todas estas aulas foram desenvolvidas e trabalhadas de maneira contextualizada de modo que as situações ou fenômenos do cotidiano do aluno fossem o ponto de partida ou o final da discussão.

Novamente, ao final da aplicação do módulo, foi realizada uma análise junto aos alunos. Nesse momento desejou-se verificar se os objetivos traçados para essa aplicação foram atingidos e, para tanto, utilizou-se um questionário de auto-avaliação respondido pelos alunos com questões elaboradas especificamente para este fim.

Finalmente, avaliamos e relatamos os principais resultados decorrentes deste estudo, os quais são apresentados no próximo Capítulo desta Dissertação.

5) RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresentaremos neste Capítulo os resultados obtidos na forma de um relato de experiência por meio da aplicação de diferentes instrumentos de pesquisa e da análise observacional a partir do tema Física Moderna. As seções a seguir estão divididas conforme as atividades propostas na metodologia deste trabalho.

5.1) Aplicação dos Questionários para os Professores de Física do Ensino Médio

Foram distribuídos vinte (20) questionários específicos para professores que trabalham com Física no Ensino Médio em escolas da rede pública e privada na região de Santa Maria-RS.

Conforme sua formação, os professores foram distribuídos da seguinte forma:

- oito (08) têm Licenciatura Plena em Física (chamaremos “A”) e
- doze (12) têm Licenciatura Plena em Matemática, com Habilitação para Física (chamaremos “B”).

A partir dos questionários, observamos que entre os professores do grupo “A”, quatro (04) responderam que trabalharam com Física Moderna em sua Graduação em Física e que seu entendimento sobre o assunto foi satisfatório. Por outro lado, os professores do grupo “B”, não tiveram nenhum contato com a Física Moderna na sua Graduação. Desses últimos, apenas dois (02) arriscam-se, superficialmente, a comentar tópicos de Física Moderna com seus alunos, como os temas dualidade onda-partícula e noções de relatividade. Um dos professores cita:

(...) Falo do comportamento dual da luz, só a diferença entre partícula e onda, e como exemplo é dado o efeito fotoelétrico, sem muitos detalhes. (...)

O outro professor disse:

(...) Trabalhei alguns textos da Revista SuperInteressante sobre relatividade no início do ano (2006) na primeira série do Ensino Médio. Os alunos gostaram muito e faziam muitas perguntas o que fez com que a aula se tornasse muito interessante. Agora, não trabalho mais com a primeira série e com nenhum tópico de Física Moderna, mas acho muito interessante a parte de Radiação, que poderia, inclusive introduzir alguma coisa na Segunda Série em que trabalho agora. (...)

Entre os professores “A”, quatro (04) trabalham, também de modo superficial, somente os tópicos sugeridos na listagem do PEIES/UFSM (Programa Experimental de Ingresso ao Ensino Superior da Universidade Federal de Santa Maria - RS) e um não trabalha nenhum tema em específico. Um deles respondeu: -“(...) Sim, apenas alguns tópicos, (...) o aluno não consegue abstrair e chegar a um raciocínio. (...)”

Quanto à abordagem dos livros didáticos sobre Física Moderna, quatro (04) dos professores “A” responderam que a abordagem não é adequada ao Ensino Médio, pois é de difícil compreensão e muito abstrata. Um dos professores relata que os livros trazem conteúdos que estão mal elaborados com uma utilização das bases matemáticas inadequadas para o Ensino Médio.

Os professores “B” acreditam que os livros didáticos deveriam dar uma ênfase maior à Física Moderna, pois atualmente alguns trazem estes tópicos, mas são capítulos muito restritos, geralmente ao final dos livros, ou são trazidos como parte complementar. Um dos professores respondeu: -“(...) Esta parte da Física ainda está restrita aos capítulos finais dos livros (quando tem) e é tratada superficialmente (...)”

Sobre a importância do Ensino de Física Moderna no Ensino Médio, todos os professores, “A” e “B”, acreditam que é de extrema importância para facilitar a compreensão de outros conceitos e do mundo atual com seus avanços tecnológicos. Entretanto, deve ser adaptada ao Ensino Médio, ou seja, deve ser trabalhada mais conceitualmente, uma vez que os alunos não têm contato com uma matemática mais avançada. Um professor do grupo “A” respondeu: -“(...) Acredito que esta Física nos dá ferramentas para um melhor entendimento de fenômenos físicos discutidos em sala de aula. (...)”

Alguns desses professores colocaram sugestões/críticas e, entre os professores “B”, a sugestão foi sempre a mesma, de que seja elaborado um material a ser utilizado em sala de aula e, se possível, alguma oficina ou mini-curso para dar maior embasamento aos professores. Resposta de um professor do grupo “B”:

(...) Gostaria que existissem oficinas ou minicursos sobre o assunto para que possamos ter um maior embasamento e podermos trabalhar com nossos alunos. (...)

Já um professor do grupo “A”, pensa totalmente diferente:

(...) Penso ser impossível dar aulas de Física Moderna quando o tempo é curto (três períodos em cada adiantamento). Precisa-se uma 'ginástica' para conseguir vencer o conteúdo pré-estabelecido pela escola. (...)

Analisando-se as opiniões desses professores que colaboraram com esta pesquisa, pode-se perceber que, na sua maioria, eles têm vontade de trabalhar Física Moderna com seus alunos porque acreditam na importância do seu estudo para compreensão do mundo. Entretanto, alguns professores, nunca tiveram contato com a Física Moderna e têm dificuldades, naturalmente, de planejamento e no próprio conteúdo. Os outros, embora tenham estudado nos seus cursos de graduação, parecem não ter encontrado a melhor maneira de trabalhar com os alunos, quem sabe, pelo fato de não existir, como os próprios professores descreveram, bibliografia disponível que seja adequada e estimulante aos alunos do Ensino Médio.

5.2) Análise dos Currículos de Física para o Ensino Médio

Ao realizarmos a análise no programa de algumas escolas de Santa Maria - RS e região verificou-se que todas, sem exceções, seguem fielmente o currículo básico proposto pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) para o PEIES. Pode-se perceber que a Física Moderna aparece inserida, em três (03) tópicos, na terceira série em Ótica Física:

- Experiência de Young/ Níveis de exigência: identificar interferência;
- Efeito fotoelétrico/Níveis de exigência: identificar;

- Luz como partícula e onda/Níveis de exigência: identificar.

Além de fazer referência a esses tópicos apenas, os níveis de exigência são bastante superficiais, limitando o estudo somente a identificação de luz como partícula e como onda, do efeito fotoelétrico e de interferência na experiência de Young.

Acredita-se ser um avanço constar esses tópicos no currículo, entretanto, poderiam ser sugeridos tópicos como relatividade, radiação do corpo negro, ou ainda, algumas noções de Física Quântica.

5.3) Análise da Bibliografia – Ensino Médio

Foram analisados os seguintes livros didáticos, citados pelos professores em resposta ao questionário, a fim de verificar se traziam alguma abordagem sobre Física Moderna e como era o desenvolvimento:

(1) AMALDI, Ugo. *Imagens da Física*. Vol. Único. Ed. Scipione. São Paulo – SP, 1995.

(2) CARRON, Wilson e GUIMARÃES, Osvaldo. *As faces da Física*. Vol. Único. Ed. Moderna. São Paulo – SP, 1997.

(3) GASPAR, Alberto. *Física*. Vol. 3. Ed. Ática. São Paulo - SP, 2000.

(4) GREF, Grupo de Reelaboração de Ensino de Física. *Leituras de Física*.

(5) NICOLAU, Gilberto F.; PENTEADO, Paulo C.; TOLEDO Paulo e TORRES, Carlos M. *Física Ciência e Tecnologia*. Vol. Único. Ed. Moderna. São Paulo - SP, 2001

(6) RAMALHO, Francisco Júnior; NICOLAU Gilberto Ferraro e TOLEDO Paulo A. *Os Fundamentos da Física*. Vol. 3. Ed. Moderna. São Paulo – SP, 2003.

Como nossa proposta é produzir um Módulo Didático sobre alguns tópicos de Física Moderna e pelo fato de que alguns livros tratem de vários tópicos de Física Moderna, procurou-se verificar apenas os temas que serão trabalhados neste Módulo em particular, que são:

- Radiação dos corpos
- Efeito Fotoelétrico
- Dualidade Onda-Partícula
- Experimento de Young

Esses tópicos, conforme comentado anteriormente, são sugeridos pelo programa do PEIES. Em (1) o tema Radiação é abordado seguindo um exemplo de um corpo ideal (corpo negro) e analisando o espectro de emissão deste, logo após, é representado graficamente em comparação com a Teoria Clássica, chegando à equação matemática proposta por Planck e a definição de *quantum*. Na seqüência, resumidamente, é trabalhado o fenômeno do efeito fotoelétrico, sem nenhum exemplo de aplicação e a propriedade corpuscular da luz. O experimento de Young não foi mencionado. O autor reservou dois capítulos para trabalhar com a Física Moderna, ao final do livro, com cerca de vinte e nove (29) páginas, iniciando com um capítulo sobre “Relatividade e os *Quanta*” e o outro “Radioatividade, Fissão e Fusão Nuclear”.

Em (2), o tema Radiação é abordado de maneira simples e clara, a partir do conceito de radiação térmica, corpo negro e, enfim, chegando à teoria de Planck. Em seguida, é tratado o fenômeno do efeito fotoelétrico de forma resumida e sem nenhum exemplo de sua

aplicação usando atividades que priorizam o raciocínio matemático. Os outros tópicos não foram encontrados. Os autores dedicaram dois capítulos, dez (10) páginas, para a Física Moderna, sendo que um dos capítulos trata de “Física Atômica e Relatividade” e o outro, “Radioatividade e Física Nuclear”.

No livro (3), o fenômeno Radiação é introduzido com um exemplo simples em que corpos encontram-se no interior de um forno ligado e evoluindo até a Lei de Kirchhoff. Logo após, é utilizada a Lei de Stefan-Boltzmann até chegar ao espectro de radiação térmica e o corpo negro. O efeito fotoelétrico e a dualidade onda-partícula são tratados em um capítulo chamado “Das ondas eletromagnéticas aos fótons” no qual o autor evolui naturalmente chegando à natureza corpuscular das ondas eletromagnéticas e, em seguida para o efeito fotoelétrico, em uma abordagem muito completa trazendo, inclusive aplicações do mesmo. O experimento de Young é explicado claramente e detalhadamente, embora já tenha sido comentado na abordagem sobre interferência e difração. Ao final do livro, o autor dedicou, no volume 3, cinco (05) capítulos para a Física Moderna, cerca de noventa e oito (98) páginas.

Em (4), a abordagem é bastante diferenciada já que os tópicos da Física Moderna são trabalhados juntamente com Ótica, iniciando com uma análise nas fontes de luz e energia. Após é trabalhada a teoria de Planck para radiação, evoluindo historicamente para a teoria de Einstein no efeito fotoelétrico e, em seguida, tratando da natureza dual da luz. A abordagem é clara e simples, com exemplos muito interessantes e do cotidiano dos alunos.

Em (5), os autores iniciam o capítulo denominado “Física Quântica” com o tema radiação, realizam uma rápida comparação com o modelo clássico e sugerem exercícios de aplicação envolvendo a equação de Planck. Em seguida é trabalhado o efeito fotoelétrico com o comentário de um exemplo para estudo do fenômeno com a utilização de fotocélula,

após uma explicação simples do que é o efeito fotoelétrico. Posteriormente é realizada uma abordagem sobre o comportamento dual da luz envolvendo os conceitos de difração e interferência. São dedicados três (03) capítulos para a Física Moderna, sessenta e três (63) páginas, o primeiro é sobre “Relatividade especial” e os outros sobre “Física Quântica” e “Física Nuclear”.

Em (6), é realizada, inicialmente, uma abordagem resumida sobre o tema radiação chegando a noção de fóton e, em seguida, é introduzida a explicação do efeito fotoelétrico e da equação fotoelétrica de Einstein. Após algumas atividades de aplicação da equação de Einstein, com a utilização de um esquema representando cinema sonoro é trabalhada a célula fotoelétrica. Neste exercício, os autores propõem a análise e interpretação de uma representação esquemática do chamado “olho elétrico”, dispositivo que é acionado quando alguém passa por uma porta. A natureza dual da luz é trabalhada de maneira resumida. Os autores abordam a Física Moderna em três (03) capítulos, cinquenta (50) páginas, no final do volume 3.

Pode-se dizer que, após analisar os livros citados, alguns se mostram inadequados para o Ensino Médio uma vez que o que se busca é o interesse e a curiosidade dos alunos, por meio de situações vivenciadas no seu cotidiano. Algumas abordagens são boas e de fácil compreensão, embora, entre essas, algumas apresentam exemplos muito distantes da realidade do nosso aluno, outras são resumidas e, por isso, deixam muitas dúvidas. Para o Ensino Médio, foi de consenso entre os professores avaliados que deveria haver uma proposta de trabalho que envolvesse, na medida do possível, questões que os alunos pudessem distinguir como uma situação-problema. Entretanto, a preocupação é, como se têm verificado freqüentemente, com a quantidade de exercícios e a repetição e aplicação de equações. Dessa forma, o Ensino torna-se sem sentido para o professor e a aprendizagem

sem importância para o aluno.

5.4) Aplicação do Módulo Didático

A partir dos resultados coletados nos questionários dos professores, nos currículos das escolas de Ensino Médio e dos conteúdos presentes nos livros didáticos de Física para o Ensino Médio, desenvolveu-se um Módulo Didático com conteúdos introdutórios de Física Moderna. O Módulo apresenta cinco (05) aulas as quais foram desenvolvidas com um grupo de alunos da segunda série do Ensino Médio da Escola Cilon Rosa de Santa Maria – RS em quatro (04) encontros específicos.

Vale a pena ressaltar que este Módulo Didático tem a função de trabalhar conceitos de forma teórica e por meio de reflexões presentes nas atividades, fazer uma conexão com fenômenos do cotidiano dos alunos.

Apresentaremos a seguir um relato de experiência sobre cada um dos quatro (04) encontros extraclasse com os alunos.

Relato sobre o Primeiro Encontro

Inicialmente o professor e os alunos combinaram como seriam os próximos encontros, seus horários e duração. Após, o professor fez uma explanação sobre o objetivo destas aulas extraclasse e da importância do estudo de tópicos de Física Moderna. Em seguida o professor iniciou a implementação do Módulo a partir dos elementos históricos, ou seja, os alunos conheceram um pouco da história da Física Moderna que será o grande

tema dos encontros seguintes.

Depois de trabalhar a parte histórica, foram propostos quatro (04) questionamentos aos alunos. Entre eles, três (03) referindo-se a radiação solar, que, além de servir como introdução para os próximos encontros, desperta muito interesse nos alunos. Os questionamentos foram os seguintes:

- 1) Escreva tudo o que você sabe sobre a luz.
- 2) A pele humana não sofre praticamente nenhum dano quando exposta a um feixe de luz, porém, a radiação ultravioleta pode causar sérios danos à pele. Explique o porquê.
- 3) Quando estamos expostos à radiação solar, três (03) fatores influenciam no tempo de exposição: índice de radiação solar, fator de proteção e tipo de pele. Usando o módulo “Radiação Solar”: (material em CD), encontre o tempo máximo que você pode ficar exposto à radiação solar sem sofrer queimaduras. Faça uma tabela variando os índices de radiação e os fatores de proteção em função do tempo de exposição.
- 4) Baseado nos dados obtidos na questão 3, quais as suas conclusões sobre os efeitos da radiação solar na pele?

Conforme era esperado surgiram muitos questionamentos a respeito da radiação solar: Por que algumas pessoas têm mais facilidade para se bronzear do que outras? Como funciona o protetor solar? Qual a diferença entre os fatores de proteção solar? Entre outras. Após a entrega das questões respondidas, foram discutidas, uma a uma, as dúvidas dos alunos.

Observou-se que os alunos ficaram muito interessados no assunto e que muitos deles não tinham quase nenhum conhecimento sobre o que estava sendo proposto. O interessante é que entre os alunos havia vários tipos de pele, inclusive negra e muito branca, então foi possível aproveitar muito bem a atividade para o estudo da radiação.

Além disto, pode-se observar o interesse dos alunos no tema abordado, devido à proximidade com o seu cotidiano e também devido à interdisciplinaridade despertada, ou seja, os alunos tiveram que avaliar a radiação não só do ponto de vista dos fenômenos físicos, mas também biológicos. Isto se deve ao fato dos alunos observarem que a radiação solar pode causar sérios danos à saúde independente do tipo de pele. A seguir seguem algumas fotos das aulas realizadas (Figura 1).



Figura 1. Fotos da realização das atividades no laboratório de informática da Escola.

Relato sobre o Segundo Encontro

Podemos admitir que houve, inicialmente, um certo receio de que os alunos não retornassem ao segundo encontro. Seja pelo fato de não ser uma aula em que estava contando na sua avaliação, pela dificuldade dos conteúdos a serem abordados ou mesmo por não terem gostado da metodologia proposta. Mas, ao contrário do imaginado, foram chegando um a um, e, ao final, havia faltado somente um aluno, que justificou sua falta posteriormente. Enfim, acreditamos ser uma evidência de que os alunos estavam realmente interessados em aprender sobre estes intrigantes temas e com a metodologia previamente proposta.

Neste segundo encontro tratamos sobre radiação dos corpos evoluindo até o tema radiação de corpo negro. Durante a aula surgiram questionamentos sobre como funcionam os aparelhos de raios-X, ultra-sonografia, ressonância magnética, etc. Como esses questionamentos estavam previstos, foi levado, como material extra, uma cópia de uma matéria do jornal Diário de Santa Maria, do dia 04/07/2005 que traz cada um dos equipamentos, como é o seu funcionamento, para que são usados, quais as vantagens e os riscos de sua utilização. A proposta de inserir textos de jornais auxilia o entendimento do assunto já que aborda com uma linguagem mais próxima do público em geral. A discussão foi muito estimulante sendo que os alunos gostaram muito da aula exposta e relataram que nem imaginavam que a Física estivesse tão presente na Medicina e em outras áreas. Vale relatar que um aluno perguntou: -“(…) Por que nós não estudamos essas coisas nas aulas, ao invés de estudar MRU e MRUV? (...)”

Ao final da aula a seguinte questão foi proposta:

Atividade: Determine qual a frequência da radiação que você emite.

Os alunos realizaram o cálculo com a ajuda da professora. A questão foi proposta para que os alunos percebam que emitem radiação, de que fatores ela depende e qual o valor associado a ela. Pode-se observar que alguns alunos confundiram-se um pouco nos cálculos, mas ao final, comparavam os valores de suas radiações e brincavam com este assunto.

Observou-se que o envolvimento de conteúdos de Física, com o tema introdutório em Física Moderna sobre a radiação dos corpos, ampliou a visão de aplicação de conceitos Físicos em muitas situações, como nos equipamentos da área de Física Médica.

Relato sobre o Terceiro Encontro

Nesse terceiro encontro, foram trabalhadas duas aulas propostas no Módulo Didático: efeito fotoelétrico e dualidade onda-partícula.

Primeiramente, os alunos queriam saber por que ninguém havia falado sobre o fóton com eles anteriormente. Como eles só ouviam falar na televisão, pensavam que fosse uma coisa muito distante deles e difícil de entender.

Trabalhou-se o efeito fotoelétrico e suas aplicações tecnológicas para depois propor o seguinte questionamento:

Atividade: Incide-se luz em um material fotossensível e não se observa a emissão de elétrons. O que poderá ser feito para que essa emissão ocorra?

Esta questão gerou diversas discussões a cerca do material a ser usado na superfície e a luz incidente. Os alunos foram sendo induzidos pelo professor para obterem os

conceitos corretos relacionados ao efeito fotoelétrico.

Após, foi distribuído aos alunos uma listagem final dos exercícios. Estipulou-se um tempo para que eles pensassem sobre todos os questionamentos e, após, iniciou-se a discussão.

Entre as questões propostas, a que mais gerou polêmica foi a pergunta sobre a relação entre o efeito fotoelétrico e a fotossíntese. Então, após um determinado intervalo de tempo, propôs-se que os alunos construíssem, juntos, uma resposta selecionando as idéias que julgavam corretas e descartando o que não estivesse de acordo com o estudado. A resposta final dos alunos foi a seguinte:

O efeito fotoelétrico é um fenômeno onde os elétrons absorvem energia luminosa e acabam adquirindo energia suficiente para escaparem de sua estrutura atômica. As plantas verdes possuem um comportamento parecido quando uma luz incide na molécula de clorofila e libera elétrons com energia suficiente para começar o processo de fotossíntese.

Outra questão que foi construída em uma única resposta com a participação de todos os alunos foi a importância de uma superfície polida para o efeito fotoelétrico. A resposta dos alunos ficou assim:

Polir é 'alisar', é tirar do metal as substâncias que não fazem parte dele, sujeiras, por exemplo. Sem elas fica mais fácil da luz (fóton) chegar e interagir com o elétron dos átomos produzindo o efeito fotoelétrico.

Foi muito satisfatório observar os alunos no momento da resolução e discussão

destes exercícios. Cada um sustentava sua idéia e o mais interessante é que nenhum deles estava completamente errado em suas colocações, muitas respostas emergiam no momento em que o aluno argumentava. Neste momento, percebia-se que havia sido estimulada e construída a aprendizagem, pois os alunos estavam utilizando exemplos diferentes daqueles comentados em aula. Ou seja, os alunos conseguiram, segundo Ausubel, construir uma aprendizagem significativa, pois no momento em que foram solicitados a responder questões diferentes daquelas trabalhadas em aula, eles souberam organizar o pensamento e as idéias para elaboração das respostas.

Relato sobre o Quarto Encontro

Neste encontro foi feita uma avaliação com os participantes da experiência, sobre os tópicos de Física Moderna abordados, as discussões resultantes e a metodologia empregada. Citaremos a seguir alguns depoimentos dos alunos sobre a implementação deste Módulo Didático. As questões sobre as aulas foram sendo respondidas aleatoriamente pelos alunos. Dentre elas podemos destacar:

Questão 1) O que você achou das aulas que tivemos sobre Física Moderna?

Alguns depoimentos:

Aluna 1: Eu gostei muito! As aulas foram diferentes e muito interessantes. Poderiam ser sempre assim, com coisas que a gente pode ver e não aquele monte de coisa que a gente nem sabe pra que serve.

Aluno 2: Eu gostei porque assim dá mais vontade de aprender. As aulas são diferentes e fica todo mundo muito concentrado, ninguém conversa nem atrapalha a aula.

Aluno 3: *Ninguém atrapalha, mas não é chata, pelo contrário, é muito legal porque é descontraída. Todo mundo participa e não tem medo de falar mesmo que esteja errado, todo mundo fala o que pensa.*

É importante citar que o excelente desenvolvimento das aulas e o desempenho dos alunos estão, também, relacionados com a liberdade que o aluno teve por optar por estas atividades, bem como pelo ambiente de aprendizado proporcionado pelo professor e pelos colegas.

2) E a Física Moderna? O que vocês acharam?

Aluno 4: *É muito interessante! Pena que a gente não tem mais tempo pra estudar mais coisas. Eu acho que tinha que tirar fora tudo que a gente estuda e colocar só coisas interessantes no currículo. Pra que a gente estuda tanta coisa que nem se usa pra nada? Por isso que a maioria dos alunos não gosta de Física. Se estudassem desse jeito iriam gostar.*

Aluno 5: *Professora: Muito Obrigado por tudo! Eu odiava Física e a partir desse ano comecei a gostar, e agora eu acho que vou querer estudar mais. Bem que a senhora dizia que era bom.*

Aluno 6: *É mesmo! Do jeito que a gente aprende ninguém gosta porque fica muito vago... A senhora mostrou pra gente os exemplos do dia-a-dia, os outros não. É só cálculo e mais cálculo, ninguém gosta. Eu adorei nossas aulas e gostaria que tivesse mais.*

Aluno 7: *A gente vinha pro colégio pensando em como seria a aula daquele dia, porque era sempre diferente. Isso é muito bom. A gente se interessa mais. Eu não*

entendo porque a gente não estuda Física Moderna!

Aluno 8: Acho Física difícil, sempre achei. As fórmulas, os cálculos... Mas aqui consegui entender um pouco. O computador e a maneira como a professora explicou, consegui entender melhor.

Aluno 9: As aulas foram legais. Uma maneira diferente de aprender. O que a gente aprendeu vai ajudar quando a gente tiver na faculdade, né?

Por meio das respostas dos alunos, pode-se avaliar o quanto foi gratificante a realização deste trabalho, uma vez que se percebia claramente o interesse e a curiosidade dos alunos a cada encontro. Pode-se concluir, também, o quanto é importante buscar novas formas de se trabalhar os conteúdos e trazer novidades para a sala de aula. Ou seja, os professores devem tentar inovar sempre suas metodologias, buscar sempre levar para sua sala de aula algo de interesse para os alunos, algo relacionado com sua realidade, com seu dia-a-dia pois, dessa forma, teremos alunos mais curiosos, interessados e dispostos a aprender.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desenvolveu-se este trabalho procurando seguir as bases teóricas previamente escolhidas. Tanto Piaget quanto Ausubel sugerem que, para que o aluno aprenda, deve-se partir de algo que ele já saiba. Piaget considera que sujeito deve ser ativo, participar do processo e Ausubel, que o sujeito deve, acima de tudo querer aprender. Então, procurou-se explorar o que os alunos mais gostam, ou seja, utilizou-se para implementação do Módulo Didático os recursos audiovisuais que a escola possuía: o computador e o data-show, assim como temas inovadores.

Durante o trabalho, levou-se sempre em consideração o quanto é importante instigar o espírito inovador e investigativo, auxiliando o aluno a construir conceitos, resolver problemas, argumentar e não somente resolver exercícios produzindo uma aprendizagem mecânica. Segundo Moreira (1999), Ausubel sugere que os conteúdos a serem aprendidos devem ser potencialmente significativos para envolver o aluno no processo ensino/aprendizagem gerando uma aprendizagem significativa.

Portanto, neste caso em particular, a aplicação desse Módulo Didático sobre Física Moderna, corresponde ao ponto principal dessa pesquisa. Desta forma, ele teria que ser planejado de maneira que os alunos primeiramente mostrassem interesse em relação ao que estava sendo trabalhado mas, principalmente, que entendessem e assimilassem o que estava sendo proposto e que sua aprendizagem fosse significativa.

Na primeira fase, realizou-se o levantamento de dados junto aos professores, o que mostrou desde então a importância deste trabalho, pois muitos deles não haviam tido contato algum com a Física Moderna e, assim, embora acreditem na importância, não trabalham com seus alunos.

O próximo passo, então, foi buscar nos livros citados pelos professores e nos currículos das escolas nas quais trabalham o que havia sobre Física Moderna. Observou-se que os currículos das escolas seguem o Programa sugerido pelo PEIES/UFSM – Programa Experimental de Ingresso ao Ensino Superior e os livros trazem, em sua maioria, uma abordagem simplificada e sem muita relação com a realidade do aluno.

Após analisar todos os dados obtidos, escolheu-se os tópicos de Física Moderna que seriam trabalhados e iniciou-se a elaboração do Módulo Didático. Para tanto, inicialmente, foi realizado um estudo aprofundado sobre os temas e, em seguida, uma busca para relacionar cada assunto com o dia-a-dia dos alunos, com o que eles já conhecem e sabem.

Após a elaboração do Módulo iniciou-se o planejamento das aulas. Como deveriam ser apresentadas aos alunos para que despertassem seu interesse e curiosidade. O computador, hoje em dia, faz parte da vida da maioria dos alunos da nossa escola, então por que não usá-lo como um recurso didático também? Planejaram-se as aulas no Power Point para que os alunos pudessem visualizar melhor, com figuras e muito movimento. Utilizou-se, também o data-show para desenvolver problemas com o auxílio de um objeto de aprendizagem virtual já que em alguns momentos alguns computadores tiveram problemas.

O que mais chamou a atenção na aplicação do Módulo Didático foi que os alunos, muitos deles geralmente desinteressados na sala de aula, perguntavam a todo instante, queriam saber mais e mais. Podemos perceber que isto ocorreu devido ao ambiente profícuo à discussão científica deixando o professor e os alunos em plena consonância.

Desta forma, acredita-se que os objetivos da proposta foram atingidos já que os alunos mostraram grande interesse, foram participantes ativos, freqüentaram todos os encontros e estavam sempre dispostos a resolver exercícios, responder perguntas e até mesmo a formular conceitos baseados nas discussões. Sobretudo, observou-se que a

aprendizagem construída tem amplas características sugeridas por Ausubel na sua teoria sobre aprendizagem significativa. Isto pode ser relacionado, por exemplo, com resultado observado na resolução dos problemas sobre o polimento de superfícies de metais e sobre a relação entre o efeito fotoelétrico e a fotossíntese. Nestes casos os alunos pensaram, analisaram, discutiram e construíram juntos resposta e novos conceitos, sem a ajuda da professora, de forma muito satisfatória.

Todo o trabalho do professor, quando é reconhecido pelos alunos, torna-se gratificante, foi exatamente isto que aconteceu durante este trabalho. Além disto, o crescimento pessoal e profissional, do professor depende da sua integração com os alunos, que foi severamente fomentada no desenvolvimento das atividades práticas neste caso.

Uma das grandes recompensas deste trabalho foi a mudança de atitude observada nos alunos a cada novidade que lhes era apresentada, seu interesse, e, no último encontro, o pedido dos alunos para que houvessem mais aulas com aqueles conteúdos e metodologias.

Sabe-se, entretanto, que são muitos os fatores que interferem no dia-a-dia de uma sala de aula e que não é tão simples mudar metodologias ou incluir tópicos novos, existem fatores como carga horária, falta de material, entre outros. Entretanto, este trabalho mostra que o professor deve tentar, ao menos algumas vezes, renovar nossas aulas, trabalhar temas inovadores, para que os alunos percebam cada vez mais, a Ciência como um todo e, em especial, a Física que está ao seu redor.

O produto final desse trabalho, que é o Módulo Didático, poderá ser utilizado por todo professor que tiver interesse em modificar suas aulas. Este Módulo é uma alternativa para a introdução de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio de forma simples, sem muito aprofundamento matemático e com diversos questionamentos relacionados ao dia-a-dia do aluno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVETI, Marco A. S. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a Revista Ciência Hoje**. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Educação da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 1999.

ARRUDA, J. R. C. **Un Modelo Didáctico para Enseñanza Aprendizaje de la Física**. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.25, no. 1, Março, 2003.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de conhecimentos: Uma perspectiva Cognitiva**. The City University of New York, EUA, 2000.

BECKER, Fernando. **A epistemologia do professor: o cotidiano da escola**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1993.

BORGES NETO, Hermínio. **Uma classificação sobre a utilização do computador pela escola**. Educação em debate. Fortaleza, Ano 21, nº 37, p. 135-138. 1999.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio**. Brasília, MEC/SEMT, 2000.

BRASIL. Lei n. 9394, de 20 de dezembro de 1996. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília, MEC, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Parecer n. 15 de 1998. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, MEC, 1998.

CANATO JUNIOR, Osvaldo. **Texto e Contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Escola Média**. Dissertação de Mestrado. USP, 2003.

KARAM, Ricardo A. S. **Relatividade restrita no início do ensino médio: elaboração e análise de uma proposta**. Dissertação de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica. Florianópolis, 2005.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária. 1999.

_____. **Ensino e Aprendizagem: Enfoques teóricos**. São Paulo: Editora Moraes, 1983.

MOREIRA, Marco Antonio e BUCHWEITZ, Bernardo. **Mapas Conceituais: Instrumentos Didáticos de Avaliação e de Análise de Currículo**. São Paulo: Editora Moraes, 1987.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco A.. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa: Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**., In: *Investigações em Ensino de Ciências*. 2000.

PAPERT, Seymour. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

PERRENOUD, P. **Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens entre duas lógicas.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

RICHMOND, Peter Graham. **Piaget: Teoria e Prática.** São Paulo: Ibrasa, 1981.

SNYDERS, Georges. **A Alegria na Escola,** São Paulo, Ed. Manole LTDA., 1988.

TAJRA, Sanmya. F. **Informática na Educação: professor na atualidade.** São Paulo: Erica, 1998.

TERRAZZAN, E.A. **Perspectivas para inserção da Física Moderna na Escola Média.** Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), 1994.

TERRAZZAN, E. A. **Física Moderna e Contemporânea no Segundo Grau.** In: Abordagens de Física Moderna e Contemporânea no Segundo Grau: Por quê? Como? Instituto de Física, Niterói, 1996.

TORRES, C. M.A.; et al. **Física: Ciência e Tecnologia.** São Paulo: Editora Moderna, 2001.

VALADARES, Eduardo de Campos e MOREIRA, Alysson Magalhães. **Ensinando física moderna no segundo grau: Efeito fotoelétrico, laser e emissão de Corpo negro.** Belo Horizonte, MG, 1998.

VALENTE, José Armando (org). **Computadores e conhecimento: repensando a educação.** Campinas: Gráfica Central da Unicamp, 1993.

_____. **O Computador na sociedade do conhecimento.** Campinas: Nied, 2002.

LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS

AMALDI, Ugo. **Imagens da Física.** Vol. Único. Ed. Scipione. São Paulo – SP, 1995.

CARRON, Wilson e GUIMARÃES, Osvaldo. **As faces da Física.** Vol. Único. Ed. Moderna. São Paulo – SP, 1997.

GASPAR, Alberto. **Física.** Vol. 3. Ed. Ática. São Paulo - SP, 2000.

GRAF, **Grupo de Reelaboração de Ensino de Física.** *Leituras de Física.*

NICOLAU, Gilberto F.; PENTEADO, Paulo C.; TOLEDO Paulo e TORRES, Carlos M. **Física Ciência e Tecnologia.** Vol. Único. Ed. Moderna. São Paulo - SP, 2001.

RAMALHO, Francisco Júnior; NICOLAU Gilberto Ferraro e TOLEDO Paulo A. **Os**

Fundamentos da Física. Vol. 3. Ed. Moderna. São Paulo – SP, 2003.

ANEXO 1: MÓDULO DIDÁTICO

TEMA GERAL:

Física Moderna

TÓPICOS A SEREM ABORDADOS:

Radiação Solar;

Radiação dos corpos;

Efeito fotoelétrico;

Dualidade Onda-Partícula.

PRÉ-REQUISITOS:

Ondas eletromagnéticas;

Interferência;

Difração.

SÉRIE A SER IMPLEMENTADO:

2ª (segunda) série do Ensino Médio.

NÚMERO DE HORAS-AULA PREVISTAS:

05 (cinco) horas-aula.

RESPONSÁVEIS PELA ELABORAÇÃO:

Mestranda Aline Picoli Souza e Profa. Dra. Solange Binotto Fagan

UM POUCO DA HISTÓRIA

Ao final do século XIX, a Mecânica Newtoniana, além de descrever muito bem os sistemas mecânicos do nosso dia-a-dia (queda dos corpos), ela também fora aplicada a sistemas microscópicos (teoria cinética dos gases) e sistemas gigantescos (movimento de corpos celestes). Dessa forma, parecia definitiva e perfeita, por isso, novos estudos direcionavam-se quase que exclusivamente para a Termodinâmica e o Eletromagnetismo.

Após as descobertas do Eletromagnetismo e da Termodinâmica, a Física dessa época era considerada um edifício com dois pilares de sustentação: a Mecânica Newtoniana e o Eletromagnetismo. Assim, poderia dizer-se que se tratava de uma ciência quase pronta, apenas com alguns problemas a serem analisados.

Um desses problemas era o fato de que não se conseguia explicar de maneira satisfatória como acontecia a irradiação térmica. As hipóteses que eram baseadas na Teoria Newtoniana e no Eletromagnetismo não se confirmavam nos dados experimentais.

Sabe-se que quando um corpo metálico é aquecido, a temperaturas suficientemente elevadas, ele torna-se incandescente, ou seja, emite radiação cuja frequência depende da temperatura. Entretanto, os físicos experimentais acreditavam que a energia que este corpo emitia, a qual chamamos radiação, aumentava conforme a frequência e isto não era verificado nos experimentos estabelecendo-se, assim, um problema que foi fundamental para o desenvolvimento da Física Moderna. A partir deste e de outros resultados insatisfatórios, ficou evidente que a Física Clássica constituía-se como uma visão

incompleta da realidade e que novos estudos eram necessários. A partir do final do século XIX até as primeiras décadas do século XX, houve uma grande revolução na Física e na forma de entender o comportamento de partículas.

Em 1900, o físico Max Planck anunciou que havia encontrado a explicação para os resultados obtidos nos experimentos envolvendo **radiação**: os átomos não liberam radiação de maneira contínua, mas sim, em “múltiplos discretos”, ou pequenos pacotes de uma quantidade fundamental, que posteriormente foi chamada de *quantum* (do latim= porção de algo). Entretanto, Planck permaneceu durante anos tentando explicar, dentro da Física Clássica, a existência do *quantum* e somente mais tarde reconheceu a importância do que havia descoberto e que ajudou no desenvolvimento da Teoria Quântica.

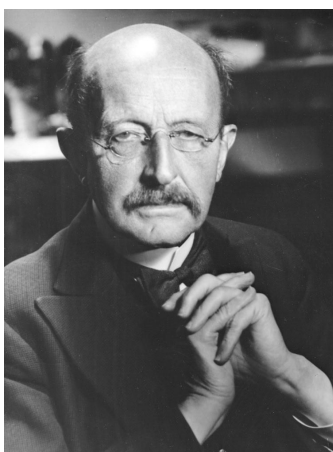


Figura 1. Foto de Max Karl Ernest Ludwig Planck (1858-1947).

Em 1905, Einstein estendendo a hipótese de Planck, sugeriu que os átomos liberavam energia em pequenos pacotes. Nesta mesma linha, Einstein propôs que a radiação de uma determinada frequência ocorria em múltiplos, pequenos pacotes, cada um com energia proporcional à sua frequência, o que possibilitou o entendimento do **efeito**

fotoelétrico. Posteriormente esses pacotes de luz ou radiação foram chamados de **fótons**.



Figura 2. Albert Einstein, prêmio Nobel em 1921 por suas contribuições sobre o efeito fotoelétrico.

Apesar de auxiliar na compreensão do efeito fotoelétrico, essa proposta contradizia o que os físicos haviam mostrado anteriormente: a luz é uma onda assim como qualquer radiação eletromagnética! Mesmo assim, com as novas descobertas, em cerca de 16 anos, foram descobertos os raios X, a radioatividade, elétrons e o núcleo atômico. E, somente em 1923, por meio de um experimento realizado pelo físico Arthur Compton, ficou comprovada a **natureza dual da luz**. Ou seja, a luz pode se comportar como onda ou como partícula, depende da forma de observação que é utilizada no experimento.

Em 1924, Louis de Broglie sugeriu, que não só a luz possui comportamento dual, mas toda a matéria. E, em um intervalo de dois anos, surge uma teoria completa da “Mecânica Quântica”, uma teoria completamente nova, que descreve o comportamento dos átomos e suas transições, sem recorrer a “imagens” clássicas. Embora existam divergências sobre o caráter conceitual da Mecânica Quântica, é graças a ela que temos hoje as maravilhas tecnológicas como computadores, discos laser e televisão digital. Vale ressaltar

que a Mecânica Quântica também é umas das bases teóricas para o entendimento da Nanociência e da Nanotecnologia, as quais prometem uma nova revolução no modo de viver das pessoas nos próximos anos.

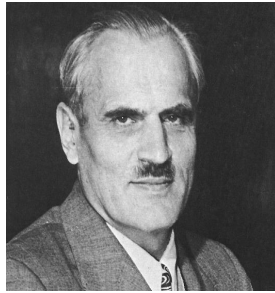


Figura 3. Arthur Holly Compton, ganhou o prêmio Nobel em 1927 pelo efeito Compton.

IMPORTANTE: A Física Clássica, que engloba a Mecânica Newtoniana e o Eletromagnetismo Clássico, é aplicável aos fenômenos da ordem de grandeza humana, ou seja, captáveis diretamente pelos nossos sentidos, e foi concebida e alicerçada em conceitos determinísticos. Já a Física Moderna, envolve fenômenos de alta velocidade e/ou pequenas dimensões (próximas às dimensões atômicas) e tudo é tratado de maneira probabilística.

Responda as seguintes questões que serão discutidas posteriormente:

- 1) Escreva tudo o que você sabe sobre a luz.
- 2) A pele humana não sofre praticamente nenhum dano quando exposta a um feixe de luz, porém a radiação ultravioleta pode causar sérios danos à pele. Explique o porquê.
- 3) Quando estamos expostos à radiação solar, três fatores influenciam no tempo de

exposição: índice de radiação solar, fator de proteção e tipo de pele. Usando o módulo didático virtual “Radiação Solar”, encontre o tempo máximo que você pode ficar exposto à radiação solar sem sofrer queimaduras. Faça uma tabela variando os índices de radiação e os fatores de proteção em função do tempo de exposição.

- 4) Baseado nos dados obtidos na questão 3, quais as suas conclusões sobre os efeitos da radiação solar na pele?

Discussão, sob orientação do professor, sobre as questões propostas na primeira aula.

RADIAÇÃO DOS CORPOS:

Todo corpo, independentemente de sua temperatura e devido à agitação térmica de suas moléculas, emite radiação eletromagnética, chamada radiação térmica. Esta radiação possui características que dependem da temperatura e das propriedades do objeto que a emite.

Quando o objeto está em equilíbrio térmico com a sua vizinhança, ele emite e absorve radiação a taxas iguais. Entretanto, se formos aumentando gradativamente a temperatura de um objeto, chega um ponto em que ele começa a emitir luz visível. No início, a cor é avermelhada, logo após passando para amarela, para a verde, azul até chegar à cor branca, quando a temperatura estiver suficientemente alta. É o que acontece, por exemplo, com os filamentos de tungstênio das lâmpadas incandescentes. Da mesma forma, quando a temperatura do corpo está baixa, ela emite radiação, entretanto, nossos olhos não conseguem perceber, pois as ondas emitidas estão na faixa do infravermelho. A fim de se analisar a emissão de radiação por aquecimento pode-se observar o interior de um objeto oco aquecido, em que a radiação escapa por uma pequena abertura em sua superfície, objeto chamado *corpo negro*.

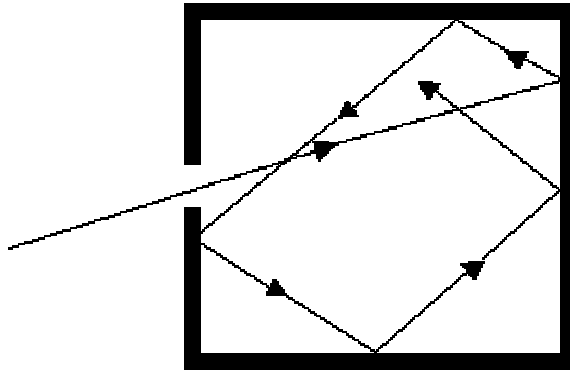


Figura 4: Esquema de incidência de radiação em um corpo negro.

Quando um corpo opaco recebe radiação, parte é refletida e parte é absorvida; os corpos de cores claras refletem e os escuros absorvem a maior parte da radiação. Se um corpo estiver emitindo mais radiação do que absorve, a sua temperatura diminui, enquanto as vizinhanças absorvem a radiação e ficam mais aquecidas. Se, ao contrário, o corpo absorve mais energia do que emite, sofrerá aquecimento, enquanto as vizinhanças se resfriam. Um corpo que absorve toda a radiação que incide sobre ele é denominado *corpo negro*, considerado um irradiador ideal. Na Figura 4, a radiação emitida através do orifício é característica da temperatura do corpo, entretanto, a probabilidade de emissão é pequena, uma vez que, após inúmeras reflexões, provavelmente a radiação deverá ser completamente absorvida pelas paredes do corpo.

Se aquecermos o corpo, a radiação será emitida através da abertura e, quanto mais aquecido, maior a intensidade da emissão, o que modifica a cor (frequência) da radiação. A frequência, além de ser uma grandeza própria dos movimentos oscilatórios, correspondendo ao número de oscilações realizadas por unidade de tempo, é responsável, também, pela

distinção das cores no espectro de radiação visível. Cada cor tem a sua frequência característica. Na faixa da luz visível, a luz vermelha é a de menor frequência e menor energia, a luz violeta é a de maior frequência e maior energia. As cores ou energias da luz estão relacionadas com suas frequências, de acordo com o esquema da Figura 5.

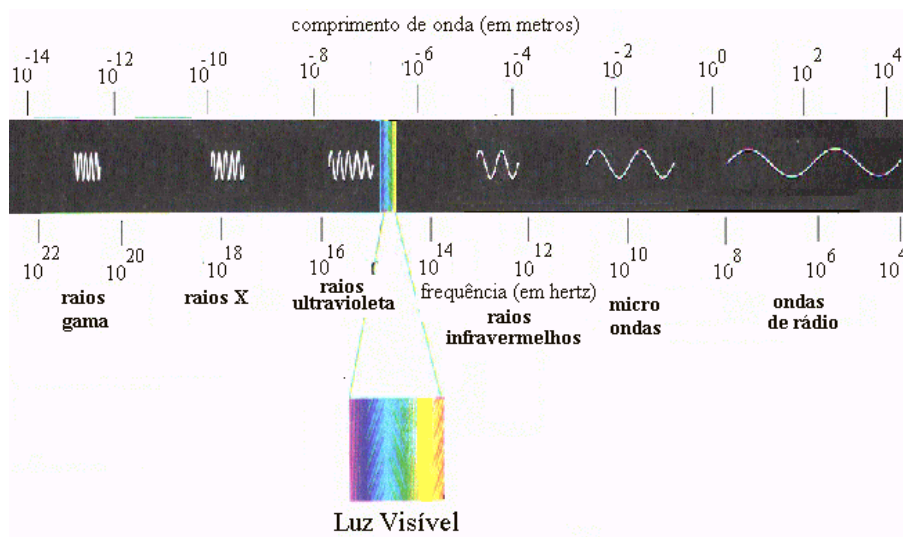


Figura 5: Tipo de radiação x frequência (ou comprimento de onda) (fonte: <http://nautilus.fis.uc.pt/>).

Além da faixa de radiação visível, existem outros tipos de radiação eletromagnética que nossos olhos não são sensíveis. A faixa da radiação anterior à vermelha, denominada infravermelha, corresponde a radiação térmica com frequência de ordem 1000 vezes menor que a luz visível. A utilizada em radar é da ordem de 1000 a 100 000 vezes menor que a luz visível. Na outra extremidade, estão as radiações de alta frequência, como o ultravioleta, os raios X, os raios gama. Todo esse conjunto é chamado **espectro de radiação**.

Embora essas radiações tenham frequências bem distintas e estejam relacionadas a diferentes situações, elas têm características comuns. Como se sabe, as ondas

eletromagnéticas não necessitam de um meio material para se propagar. Todas elas propagam-se no vácuo com a velocidade da luz que é 300 000 km/s.



Figura 6: Exemplos de situações onde a radiação eletromagnética fora do espectro visível está presente (fonte: <http://nautilus.fis.uc.pt/>)

Cada uma das faixas de radiações possui uma energia definida que está relacionada com sua frequência. Se a radiação estiver na faixa da luz visível, cada cor terá sua frequência característica que corresponder, também, a uma determinada energia. Na Figura 6 temos alguns exemplos onde a radiação não visível é essencial.

Sob o ponto de vista da Teoria Clássica, a radiação térmica origina-se do movimento acelerado das partículas carregadas eletricamente, próximas da superfície do corpo. Entretanto, os resultados experimentais não mostravam este comportamento e tornava-se evidente que essa explicação era totalmente inadequada. O grande problema foi explicar a curva obtida experimentalmente que contrariava a teoria, até então.

Em 1900, Planck desenvolveu um modelo matemático para emissão de radiação eletromagnética, admitindo que a emissão de energia não era contínua, ou seja, a radiação era emitida e absorvida em pequenos pacotes de energia que passaram então a ser chamados de *quanta*. Essa teoria ajustava-se perfeitamente aos dados experimentais,

embora o próprio Planck duvidasse da sua hipótese inicial. Vejamos a representação gráfica entre as teorias clássica e quântica do corpo negro (Figura 7).

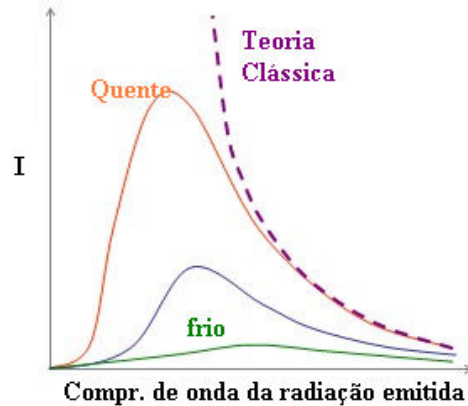


Figura 7: Comparação para a intensidade I entre as teorias clássica e quântica para a radiação de corpo negro.

A teoria de Planck teve por base duas hipóteses sobre a origem da radiação emitida pelas partículas na superfície de corpos aquecidos:

1ª) As partículas oscilantes, que emitem radiação, podem ter apenas determinadas quantidades de energia, com valores discretos, que depende da frequência da radiação emitida.

$$E = n \cdot f \cdot h$$

Onde: n é um número inteiro positivo;

f é a frequência de radiação;

h é uma constante conhecida como constante de Planck (no SI $h = 6,626 \times 10^{-34}$ J.s)

2ª) As partículas emitem radiação em unidades discretas denominadas **quanta** (que Einstein, mais tarde, chamou **fótons** = partículas de luz)

ATIVIDADE: Determine qual a frequência da radiação que você emite.

O FÓTON

Muitas grandezas físicas são encontradas apenas em múltiplos inteiros de uma quantidade elementar e , quando uma grandeza apresenta esta propriedade, dizemos que é *quantizada*. A quantidade elementar associada à grandeza é chamada de *quantum* desta grandeza (plural = *quanta*).

Um exemplo de quantização é o nosso dinheiro. O dinheiro do Brasil é quantizado, pois a moeda de menor valor é a de um centavo e os valores de todas as outras moedas e notas são múltiplos inteiros do centavo. Ou seja, o *quantum* de dinheiro é R\$ 0,01 e todas as quantias maiores são da forma $n \times (\text{R\$ } 0,01)$, onde n é um número inteiro. Não é possível, por exemplo, pagar com dinheiro vivo uma quantia de exatamente R\$ 0,755 = 75,5 x (R\$ 0,01).

Em 1905, Einstein propôs que a luz era quantizada e, sua quantidade elementar é chamada, hoje, de *fóton*. O conceito de *quantum* de luz, ou fóton, era muito mais emblemático do que Einstein imaginava, todavia, aplicando a quantização da energia a outros fenômenos, conseguiu resolver problemas que estavam sem solução, até 1905, como o **efeito fotoelétrico**.

EFEITO FOTOELÉTRICO

Um dos primeiros fenômenos elétricos produzidos em laboratório foi a faísca elétrica. Por volta de 1890, Heinrich Hertz (1857-1894) descobriu que a faísca elétrica entre dois condutores surgia mais facilmente quando um deles era exposto à radiação ultravioleta ou à luz visível da faixa próxima ao violeta. Hertz verificou que a radiação que incidia

sobre as superfícies facilitava a libertação de partículas que hoje chamamos de elétrons. Estes elétrons expelidos apressavam a ionização do ar, facilitando o surgimento da faísca. O fenômeno da emissão de elétrons, devido a incidência de luz em um determinado metal, é conhecido como *efeito fotoelétrico*.

Este fenômeno poderia ter sido mais bem compreendido na época, não fosse pelo resultado que surgia ao medir-se a energia dos elétrons. Pelas previsões da Teoria Clássica da radiação, a energia dos elétrons emitidos deveria ser proporcional à energia da onda incidente no metal, ou seja, quanto maior a intensidade da onda incidente, maior a energia dos elétrons. Entretanto, isso não era observado. Ao iluminar um metal com luz monocromática, o aumento da intensidade da luz incidente provocava um aumento no número de elétrons expelidos pelo metal, embora cada elétron mantivesse a mesma energia, ao mesmo tempo em que, variando a frequência da luz, a energia dos elétrons mudava. Por exemplo, aumentando a frequência da luz, mesmo com luz de pouca intensidade, cada elétron adquiria grande energia e diminuindo-se a frequência, os elétrons adquiriam pouca energia cinética, mesmo com luz intensa. Portanto, a energia recebida pelos elétrons, era proporcional à frequência da onda eletromagnética. Einstein utilizou a idéia do fóton para explicar esse efeito, que a Física Clássica não conseguiu, assim como o limite de comprimento de onda da radiação para que efeito fotoelétrico ocorra.

O efeito fotoelétrico, portanto, consiste na emissão de elétrons que ocorre quando a luz incide sobre uma superfície. Os elétrons absorvem energia da radiação incidente e podem superar a atração das cargas positivas e serem libertados da superfície. Um fóton, ao penetrar em uma superfície metálica, atinge um elétron e transfere a ele toda a sua energia. Esse elétron, para abandonar o metal, deve realizar trabalho, cujo valor é uma constante

característica de cada material, denominado *função trabalho*. Se a energia fornecida pelo fóton for maior do que a função trabalho necessária para o elétron abandonar o metal, o elétron sai com determinada energia cinética; se ele gastar exatamente o valor da função trabalho, ele é emitido com uma energia cinética máxima. Se a energia transferida pelo fóton for menor do que o valor da função trabalho do metal, o elétron não consegue sair do material, e, portanto, não ocorre o efeito fotoelétrico.

O efeito fotoelétrico tem inúmeras aplicações tecnológicas, entre elas, pode-se citar o visor noturno. Todos os corpos emitem radiação, ou fótons térmicos (de calor), para o ambiente por meio de radiações infravermelhas. As lentes do visor noturno dirigem esta radiação para uma placa de vidro revestida de material de baixa função de trabalho, ou seja, que emite elétrons quando atingidos por fótons de baixa energia. As regiões onde os elétrons desse revestimento são arrancados são transformadas em imagens. As imagens esverdeadas de bombardeios noturnos são obtidas por esse processo.

Um efeito semelhante que, produzido pela radiação eletromagnética incidente em determinados materiais, é confundido com o efeito fotoelétrico, é a fotocondutividade. Nesta, há um aumento da condutividade de um material semicondutor provocada pela excitação dos portadores de cargas adicionais, causadas pelos fótons da radiação incidente. Células fotocondutoras, conhecidas por LDR (*light dependent resistor*) são utilizadas na aplicação desse efeito. Iluminadas, elas têm baixa resistência; no escuro elas têm alta resistência. Os detectores ou chaves acionadas pela luz, como as que acendem as luzes da rua quando escurece, são exemplos de aplicação desse efeito. Quando escurece, a resistência do LDR aumenta, diminuindo a intensidade da corrente elétrica que passa por uma bobina. A intensidade do campo magnético diminui, fazendo com que a mola puxe

uma alavanca que liga a chave.

Segundo Einstein, todas as características do efeito fotoelétrico podem ser explicadas considerando-se a radiação eletromagnética não como uma onda, mas como um conjunto de partículas, os fótons, cada qual com um pacote de energia dada por:

$$E = h\nu$$

onde ν é a frequência da radiação eletromagnética e h a constante de Planck ($h = 6,6261 \times 10^{-34} \text{ Js} = 4,1357 \times 10^{-15} \text{ eVs}$). Pode-se observar, de maneira esquemática, um experimento para observação do efeito fotoelétrico. As principais características (Figura 8) são as seguintes:

- O número de elétrons arrancados é diretamente proporcional à intensidade da radiação eletromagnética incidente (Figura 8(b)), classicamente a intensidade dos fotoelétrons deveria aumentar com o aumento da intensidade da luz. Um aumento na intensidade da radiação eletromagnética implica em um aumento no número de fótons e daí, um aumento no número de interações desses fótons com os elétrons da placa e, portanto, um aumento no número de elétrons arrancados.
- O potencial de corte é o mesmo qualquer que seja a intensidade da radiação eletromagnética incidente (Figura 8(c)).
- A energia dos elétrons arrancados depende da frequência e não da intensidade da radiação eletromagnética incidente (Figura 8(d)),

classicamente o efeito fotoelétrico deveria ocorrer para qualquer frequência. Para radiações eletromagnéticas com dada frequência, a máxima energia cinética que cada elétron arrancado pode ter, corresponde à situação em que o elétron é arrancado da superfície da placa, de modo que toda a energia do fóton é absorvida por ele.

- Não existe retardo entre o instante em que a radiação eletromagnética atinge a superfície da placa e o instante em que aparecem os elétrons arrancados. O conceito de partícula está associado à transferência instantânea de energia de um ente físico a outro, numa colisão. Assim, considerando os fótons como partículas, a teoria quântica garante que existe uma transferência de energia instantânea aos elétrons.

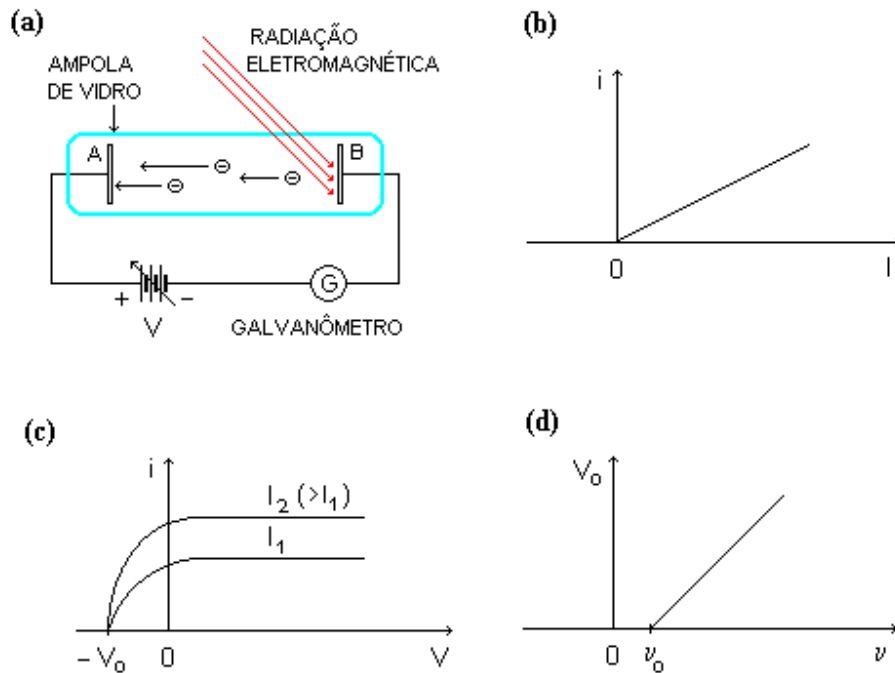


Figura 8. Características sobre o efeito fotoelétrico.

Quando a radiação eletromagnética de frequência ν atinge a placa em questão, os fótons associados à radiação interagem com os elétrons da placa. Cada elétron que absorve um fóton ganha uma energia $h\nu$ e se for arrancado, a máxima energia cinética que ele pode ter, pelo princípio de conservação da energia, é dada por:

$$K_{\text{MAX}} = h\nu - \phi,$$

onde ϕ é chamada função trabalho e característica da substância que constitui a placa, representa a energia necessária para arrancar um elétron da superfície da placa.

A primeira característica do efeito fotoelétrico, ou seja, o fato de que o número de elétrons arrancados é diretamente proporcional à intensidade da radiação eletromagnética incidente na placa, para uma dada frequência pode ser observado (Figura 8(b)).

ATIVIDADE: Incide-se luz em um material fotossensível e não se observa a emissão de elétrons. O que poderá ser feito para que essa emissão ocorra?

A DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA

A luz foi sempre uma grande incógnita para o homem. Newton defendia a idéia de que a luz era constituída de corpúsculos. Christian Huygens (1629-1695) defendia a teoria ondulatória. No entanto, a autoridade científica de Newton fez prevalecer sua teoria por mais de um século. Por volta de 1801, uma experiência realizada por Thomas Young (1773-1829) provou que a luz era uma onda, porque os fenômenos da difração e da interferência, por ele descobertos, eram características exclusivamente ondulatórias. Entretanto, outros fenômenos, como o efeito fotoelétrico, mostravam o comportamento corpuscular da luz. Ou seja, embora houvesse evidências incontestáveis da natureza corpuscular da luz, também havia fenômenos que só poderiam ser explicados pela teoria ondulatória. Somente no início deste século, comprovou-se, por meio de vários experimentos (efeito fotoelétrico, efeito Compton entre outros) a existência do comportamento dual da luz.

Para a física atual, não há dúvidas de que um feixe de luz é pode ser descrita como onda ou como partícula, isto é, um feixe de fótons. A dualidade surge em relação ao comportamento coletivo desse feixe, que é ondulatório.

Na Física Quântica, os dois modelos são necessários para descrever qualquer ente físico (partícula), embora não nas mesmas circunstâncias. Por exemplo, no caso da radiação eletromagnética, o fenômeno de polarização só pode ser entendido em termos de um

modelo ondulatório enquanto que o efeito fotoelétrico só pode ser entendido em termos de um modelo corpuscular.

Segundo o princípio da complementaridade, o modelo ondulatório e o modelo corpuscular são complementares: se uma medida prova o caráter ondulatório de uma partícula, a mesma medida não pode provar seu caráter corpuscular, e vice-versa. A escolha do modelo a aplicar é determinada pelo caráter da medida. Além disso, a compreensão de uma partícula está incompleta a menos que se leve em conta tanto o seu caráter ondulatório quanto o seu caráter corpuscular.

Recordando...

Quando uma onda encontra um obstáculo, há tendência a curvar-se em torno dele. Por exemplo, quando uma onda incide sobre uma barreira provida de uma abertura muito pequena, ela passa através da abertura propagando-se como uma onda circular. Esse fenômeno é chamado de **difração** (Figura 9). Um feixe de partículas que incide sobre a mesma superfície tem suas partículas barradas ou passando diretamente através da abertura, sem modificar as trajetórias (Figura 10).

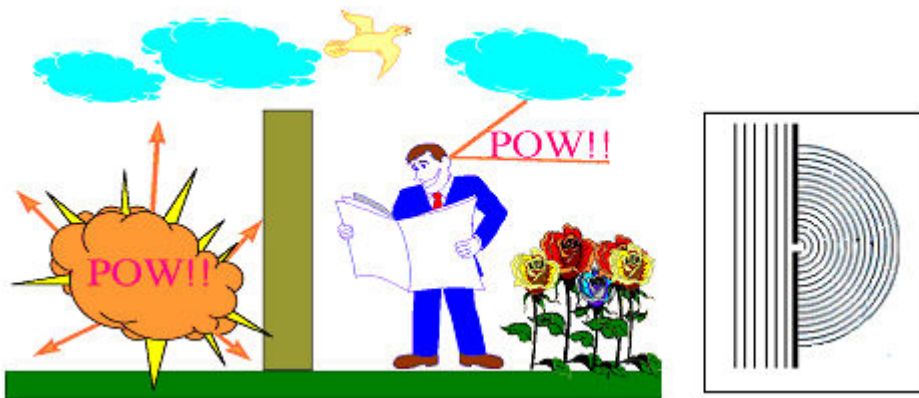


Figura 9. Representação do fenômeno da difração.

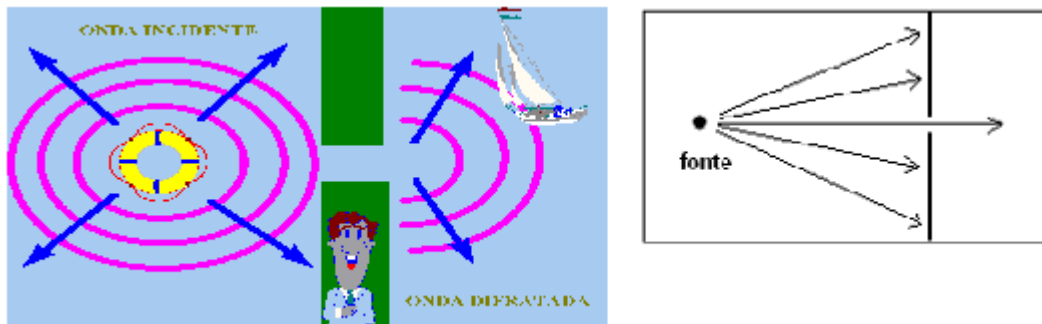


Figura 10. Partículas ou ondas incidindo em uma superfície.

Em 1803, Young realizou uma experiência demonstrando que a luz possuía natureza ondulatória. Fez a luz passar por uma abertura estreita e constatou que, num anteparo instalado do outro lado, não surgia simplesmente uma linha nítida, mas sim um conjunto de faixas luminosas de diferentes intensidades. Isso mostrava que a luz sofria difração, tal como ocorria com as ondas sonoras ou as de um lago. Se ela fosse constituída de partículas, esse comportamento seria impossível.

A experiência da dupla fenda de Young mostra o comportamento de um feixe de luz que atravessa duas fendas estreitas, produzindo uma figura de interferência no anteparo, como observa-se na figura:

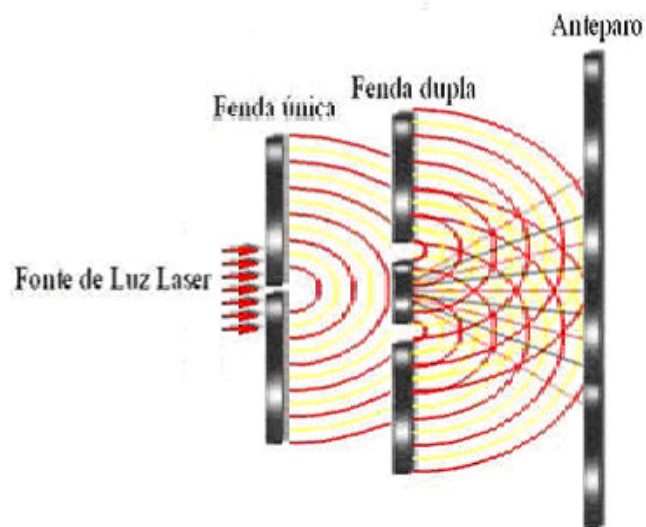


Figura 11: Demonstração do experimento de Young com fonte de luz laser.

A frente de ondas planas ao passar pelas fendas dá origem a duas ondas que produzem uma figura de interferência no anteparo à direita. As duas fendas comportam-se como fontes coerentes de luz. Os máximos de interferência aparecem sob os ângulos que correspondem a diferenças de percursos de números inteiros de comprimentos de onda; os mínimos ocorrem quando a diferença de percurso é meio comprimento de onda ou número ímpar de meio comprimento de onda, onde intensidade máxima = interferência construtiva e intensidade mínima = interferência destrutiva.

Cada ponto do anteparo recebe luz das duas fendas, por isso ocorre uma diferença de fase entre as ondas. Assim, quando as ondas chegam ao anteparo em concordância de

fase ocorre a interferência construtiva (faixa brilhante no anteparo) e, quando as ondas chegam em oposição de fase ocorre interferência destrutiva (faixa escura).

EXERCÍCIOS:

1) (UFMT) A porta automática de um *shopping center*, as calculadoras e relógios que funcionam com energia solar são recursos tecnológicos utilizados no dia-a-dia de uma cidade e que envolvem energia luminosa e cargas elétricas, constituindo o fenômeno físico conhecido como “efeito fotoelétrico”. Sobre esse tema, julgue as afirmativas a seguir, justificando a(s) que julgar incorreta(s):

a) A energia luminosa constitui-se de “pacotes discretos” denominados fótons, que podem ser considerados partículas. ()

b) Quando um fóton incide sobre um pedaço de metal e interage com um elétron, este absorve a energia daquele e pode ser arrancado do metal. ()

c) A velocidade dos elétrons que se desprendem do metal devido à incidência da luz depende da frequência e da intensidade da luz. ()

d) A luz tem natureza dual (onda-partícula), sendo o efeito fotoelétrico uma manifestação do aspecto corpuscular. ()

2) (Unioeste-PR) Sobre a natureza e propagação da luz, julgue as afirmativas a seguir e justifique a(s) incorreta(s):

a) A luz, nos dias atuais, é interpretada como um pacote de energia que, nas interações com a matéria, apresenta dois aspectos: em certas interações se comporta como partícula e em

outras, se comporta como onda. ()

b) Thomas Young confirmou a teoria ondulatória da luz, verificando que esta, ao passar por duas fendas extremamente finas, combina-se formando regiões claras e escuras. ()

c) A teoria ondulatória da luz é a única utilizada para explicar o efeito fotoelétrico, fenômeno pelo qual elétrons são arrancados de metais devido a transformação de energia luminosa em energia cinética. ()

3) No efeito fotoelétrico costuma-se falar em superfícies de metal polido. Qual a importância do polimento? Explique.

4) Que relações você pode fazer entre o efeito fotoelétrico e a fotossíntese? Explique.

5ª AULA

- Discussão sobre a importância da Física Moderna e Contemporânea no nosso dia-a-dia.
- Entrevista com os alunos sobre as aulas de Física.

BIBLIOGRAFIA DO MÓDULO DIDÁTICO

GASPAR, Alberto. *Física*. Vol. 3. Ed. Ática. São Paulo - SP, 2000.

GRAF, Grupo de Reelaboração de Ensino de Física. *Leituras de Física*.

HALLIDAY, RESNICK. *Fundamentos da Física*. Vol. 4. LTC.

NICOLAU, Gilberto F.; PENTEADO, Paulo C.; TOLEDO Paulo e TORRES, Carlos M. *Física Ciência e Tecnologia*. Vol. Único. Ed. Moderna. São Paulo - SP, 2001.

RAMALHO, Francisco Júnior; NICOLAU Gilberto Ferraro e TOLEDO Paulo A. *Os Fundamentos da Física*. Vol. 3. Ed. Moderna. São Paulo – SP, 2003.

TIPLER, PAUL A. - MOSCA, GENE. *Física para cientistas e engenheiros*. Vol. 3 - Física moderna: mecânica quântica, relatividade e a estrutura da matéria. Ed. LTC.

ANEXO 2: APRESENTAÇÕES DE TRABALHOS RELACIONADOS À FÍSICA MODERNA DECORRENTES DESTA DISSERTAÇÃO

Trabalhos Completos:

SONZA, Aline P.; FAGAN, S. B. **Física Moderna no Ensino Médio: Como o Tema é Abordado na Região de Santa Maria - RS?** In: Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF, 2007, São Luís - MA.

SONZA, Aline P.; FAGAN, S. B. **Investigação Sobre Abordagens de Física Moderna no Ensino Médio.** In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005, Bauru - SP.

Trabalhos em Resumos:

SONZA, Aline P.; FAGAN, S. B. **Investigação sobre Abordagens de Física Moderna no Ensino Médio.** In: IX Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão - SEPE 2005, 2005, Santa Maria - RS.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)