

PROPOSTA HCTS: UMA PERSPECTIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA

Este caderno apresenta uma proposta para a elaboração da atividade docente fundamentada no contexto da História, Ciência, Tecnologia e Sociedade (HCTS).

ENSINO DE FÍSICA NO
CONTEXTO HCTS

M141e

HORNES Macedo, Andréia

Proposta HCTS: uma perspectiva para o ensino de Física / Andréia Hornes Macedo. -- Guarapuava, 2016.
xi, 58 f. : il. ; 28 cm

Produto Educacional - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, área de concentração em Ensino e Aprendizagem de Física, 2016

Orientador: Sandro Aparecido dos Santos

Banca examinadora: Sandro Aparecido dos Santos, Sérgio de Mello Arruda, Ricardo Yoshimitsu Miyahara

Bibliografia

1. Ciências Naturais. 2. Matemática. 3. Física. 4. HCTS. 5. Efeito fotoelétrico. 6. Aprendizagem significativa. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática.

CDD 530.7

SUMÁRIO

Apresentação	3
1. Organizando a proposta	5
1.1. Conteúdo	7
1.2. Objetivo Geral	9
1.3. Perspectiva HCTS.....	10
1.3.1. O aspecto Histórico.....	11
1.3.2. O aspecto Científico	12
1.3.3. O aspecto Tecnológico	13
1.3.4. O aspecto Social	14
1.4. Desenvolvimento.....	15
1.4.1. Conteúdo da aula	15
1.4.2. Objetivos específicos	16
1.4.3. Estratégias de ensino	16
1.4.4. Recursos didáticos	16
1.4.5. Avaliação específica (optativa)	17
1.5. Avaliação geral.....	17
1.6. Referência.....	18
2. Conhecendo a proposta	18
2.1. Escolha dos conteúdos e objetivos	19
2.2. Relevância da proposta HCTS para o ensino de Física	21
3. Exemplos de Aplicação: Modelos Atômicos	23
3.1. As analogias propostas para representar o átomo	24
3.2. Proposta HCTS para os modelos atômicos.....	27
4. Exemplos de Aplicação: Efeito Fotoelétrico	31
4.1. Reconstrução Histórica do Efeito Fotoelétrico	31
4.2. Reconstrução Científica do Efeito Fotoelétrico	32
4.3. O Efeito Fotoelétrico na perspectiva HCTS	35
5. Referências	39
6. Anexos	42
7. Apêndice	43

APRESENTAÇÃO

O presente texto traz uma proposta metodológica para o Ensino de Física apresentando subsídios para os professores na elaboração de seus planos de ação, destacando o papel da História, Ciência, Tecnologia e Sociedade (HCTS) em sua estrutura, voltado principalmente para o Ensino Médio e priorizando aspectos relevantes para a formação dos alunos. A ênfase nessa perspectiva se dá por reconhecer que mesmo sendo ausente dos currículos de Física das escolas públicas, ela é indissociável dos conteúdos, pois responde aos questionamentos acerca da disciplina: quem, quando, onde, como, porque e para quê. As mudanças nas atitudes didático-metodológicas são necessárias e a opção pela presente proposta se justifica pela dimensão contextual possibilitando uma nova visão para o ensino de Física.

Como a Física é uma disciplina da área básica do conhecimento para o Ensino Médio, ela deve contribuir para a formação científica e tecnológica desse público. A proposta HCTS mostra-se amplamente contemplativa, pois engloba tanto a apreensão dos conceitos, leis e suas definições (proposto pela perspectiva científica), como também as relações e aplicações desses conceitos aos fenômenos ligados ao cotidiano dos alunos, tanto natural como tecnológico (previsto pela perspectiva tecnológica). Porém, os resultados dessas aplicações para o desenvolvimento da sociedade, as consequências e as expectativas também são envolvidos pela presente proposta (perspectiva social) e, como conhecer a trajetória da ciência, os objetivos dos cientistas, suas limitações e evoluções, potencializa o conhecimento e leva a compreensões que vão além do saber científico e sistematizado, compondo assim um aprendizado completo e coerente com a realidade (perspectiva histórica).

A desconfiança que os alunos possuem quanto sua própria capacidade de aprender Física leva a uma aversão a essa disciplina, pois o primeiro contato com essa ciência já vem acompanhada de preconceitos comumente ouvidos pela sociedade como “Física é para gênios”, ou, ainda “Física é para loucos” entre outros rótulos que distanciam o interesse dos alunos, pois esses se veem testados o tempo todo. Mas, ao perceberem que são capazes de olhar o mundo que os cerca e apontar a Física que nele existe, passam a ver a disciplina com outros olhos. A ciência passa a fazer parte significativamente de suas vidas e o interesse por ela ocorre naturalmente.

Por outro lado, quando há o interesse do estudante, e este questiona o professor quanto a aplicabilidade do estudo da disciplina, com a clássica questão “Para que estudar Física? Onde vou usar isso? ” A resposta deve ser clara e objetiva, tanto para o aluno quanto para o próprio professor. Se a Física

estuda a complexidade do Universo (DCE, 2006, p.15) dizer que a mesma deve ser estudada apenas por ser requisito em programas de acesso ao nível superior é definitivamente uma resposta insatisfatória. Mas então, que resposta devemos dar a esse aluno? Inicialmente devemos conhecer os delineamentos da Física, as perguntas elencadas ao longo da história, as respostas encontradas (certas ou erradas) bem como relações com as teorias aceitas hoje. A forma mais prática para se demonstrar onde a Física se aplica é através das tecnologias desenvolvidas a partir das teorias científicas, e que influenciam o comportamento da sociedade hoje.

Embora seja voltado para a Física do Ensino Médio, a proposta aqui apresentada pode contemplar o Ensino Fundamental no Ensino de Ciências em geral, bem como a Química, a Biologia e a Matemática, podendo estender também para as séries iniciais do Ensino Fundamental, período em que a alfabetização científica deve ser iniciada. Vale ressaltar que o material apresentado é um instrumento metodológico que norteia o ensino de Física em quatro pontos fundamentais para uma aprendizagem completa e significativa para os estudantes, a saber: História, Ciência, Tecnologia e Sociedade

A proposta não está diretamente fundamentada em livros didáticos, repositórios de simulações, sites de experimentos, portais de objetos de aprendizagem, filmes, porém, faz uso desses recursos como instrumentos didáticos com o objetivo de contribuir e facilitar o desenvolvimento das atividades, principalmente pelo fato de não existir uma fonte completa o suficiente para suprir os objetivos almejados aqui. Como complementação da proposta, existem subsídios que são escolhidos e utilizados segundo os critérios do próprio professor, dentro de sua realidade e da comunidade escolar.

Na sequência será apresentada uma sugestão de organização do conteúdo a ser trabalhado sob a perspectiva HCTS e será descrita uma situação de ensino com o uso da proposta HCTS na Física Moderna e Contemporânea, para os Modelos Atômicos e para o estudo do Efeito Fotoelétrico. O objetivo é evidenciar a aplicabilidade da proposta como um instrumento metodológico completo e contemplativo, com foco nas habilidades discentes e que vai de encontro com a aprendizagem significativa.

1. ORGANIZANDO A PROPOSTA

A proposta está organizada de forma a facilitar o trabalho do professor em diferentes aspectos, orientando a evolução da atividade. Esses aspectos correspondem não só ao conteúdo e aos objetivos que se quer alcançar, mas também aos fundamentos teóricos que permeiam o conteúdo, enfatizando a proposta HCTS e identificando as potencialidades de cada momento. O desenvolvimento é importante para a proposta pois deve delinear as estratégias didáticas mais adequadas para cada momento da aula. Quanto a avaliação, esta é fundamental para a concretização da proposta, tanto para os alunos quanto para o professor, e em geral, relaciona-se com os instrumentos didáticos utilizados.

O quadro 1 apresenta o esquema resumido para um Plano de Trabalho Docente (PTD) que pode ser usado para qualquer disciplina e segue como uma sugestão. Na sequência é dada uma breve explicação para cada item citado no esquema. A maneira como os conteúdos básicos serão abordados é que irá refletir os aspectos científicos do conceito em si, e não é somente pelo aspecto histórico que os conhecimentos serão efetivados, é preciso mais que isso, o conhecimento precisa ser construído, vivenciado. Para que isso ocorra, é preciso que haja uma relação com os conhecimentos prévios que o aluno possui sobre o assunto a ser abordado, tendo a história da ciência como um referencial.

No PTD que se organiza essa investigação. Os encaminhamentos metodológicos que serão utilizados no processo de ensino-aprendizagem é que vai prever, ou investigar quais são esses conhecimentos prévios e proporcionar a relação com o conteúdo, ou com o novo conhecimento. Neste momento que se determina quais as dimensões que o estudo vai tomar, como será a abordagem do conceito científico com os aspectos tecnológicos, históricos e sociais.

O plano é o lugar da criação pedagógica do professor, onde os conteúdos receberão abordagens contextualizadas histórica, social e politicamente, de modo que façam sentido para os alunos nas diversas realidades regionais, culturais e econômicas, contribuindo com sua formação cidadã. O plano de trabalho docente é, portanto, o currículo em ação. Nele estará a expressão singular e de autoria, de cada professor, da concepção curricular construída nas discussões coletivas. (DCE, 2009, p. 11)

O plano de trabalho docente tem uma importância muito grande não só para a organização do professor, mas também, é através dele que se poderão apontar quais as concepções prévias dos alunos e reestruturar a aula levando em conta esse fator. Neste momento que se indicam quais serão os elementos facilitadores da aprendizagem, e como estes se organizarão.

QUADRO 1 – Esquema para o Plano de Trabalho Docente

INSTITUIÇÃO DE ENSINO			
DISCIPLINA		SÉRIE/TURMA	
PROFESSOR		CURSO	
UNIDADE TEMÁTICA:		Nº DE AULAS	
CONTEÚDO:			
OBJETIVO GERAL:			
PERSPECTIVA HCTS	ASPECTO HISTÓRICO		
	ASPECTO CIENTÍFICO		
	ASPECTO TECNOLÓGICO		
	ASPECTO SOCIAL		
DESENVOLVIMENTO	TÓPICOS DE ESTUDO		
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS		
	ESTRATÉGIAS DE ENSINO		
	RECURSOS DIDÁTICOS		
	AVALIAÇÃO ESPECÍFICA (OPTATIVA)		
	AVALIAÇÃO GERAL		
	REFERÊNCIAS		

Fonte: Autoria própria

O modelo de plano apresentado é importante etapa do processo de ensino e aprendizagem pois norteia o trabalho do professor. Ele pode ser pensado inicialmente de uma forma geral, para contemplar um período do ano letivo e na sequência, ser desmembrado em grupos menores de aulas, conforme a necessidade de cada atividade.

1.1. CONTEÚDO

A descrição do conteúdo que será abordado em cada plano é muito importante, pois dependendo do assunto proposto as abordagens quanto ao contexto HCTS serão diferentes. Como a proposta metodológica não é linear, cabe ao professor, dependendo do assunto abordado, organizar os tópicos de forma que os conteúdos sejam alcançados em sua amplitude máxima, e também, escolher os recursos didáticos apropriados.

A sequência dos conteúdos selecionados referente ao tema proposto para o estudo deve ser clara e objetiva, para que a estrutura baseada em HCTS não seja comprometida. Os assuntos podem ser intercalados entre a História, Ciência, Tecnologia e Sociedade, evidenciando que a proposta não é linear. Um ponto importante que deve ser investigado é o conhecimento prévio dos alunos e o interesse pelo assunto, estabelecendo assim, alguns pré-requisitos, fundamentais para que os conteúdos não sejam fragmentados e que os novos conhecimentos sejam incorporados na estrutura cognitiva do estudante.

Considerando a escola como o principal local de veiculação do conhecimento (científico, histórico, social) por meio dos conteúdos das diversas disciplinas que transmitem de forma particular os conhecimentos produzidos pela humanidade. No ensino dos diferentes conceitos é necessário que, além da interação entre os conteúdos das disciplinas, haja relação crítica com os acontecimentos globais, é preciso mostrar a relação existente entre o conceito científico, as bases históricas de sua concepção e quais as consequências efetivas para a sociedade.

Os conteúdos disciplinares devem ser tratados, na escola, de modo contextualizado, estabelecendo-se, entre eles, relações interdisciplinares e colocando sob suspeita tanto a rigidez com que tradicionalmente se apresentam quanto o estatuto de verdade atemporal dado a eles. Desta perspectiva, propõe-se que tais conhecimentos contribuam para a crítica às contradições sociais, políticas e econômicas, presentes nas estruturas da sociedade contemporânea e propiciem compreender a produção científica, a reflexão filosófica, a criação artística, nos contextos em que elas se constituem. (DCE, 2009, p. 14)

O ensino de Física tem como objeto de estudo o Universo (DCE, 2009), bem como todas as manifestações da natureza que provocam mudanças nesse Universo. Ao selecionar o que ensinar aos alunos do ensino médio, estabelecemos as dimensões que essa disciplina terá ao longo do curso. Deve-se considerar qual a relevância de tais conceitos para sua percepção de mundo e também buscar promover as relações tecnológicas entre o conceito histórico científico e suas aplicações no cotidiano.

Seria muita ousadia acreditar que é possível fazer todas as relações entre mecânica, ótica, termodinâmica, gravitação, eletricidade, e os demais conceitos correlacionados a estes temas em nosso contexto escolar. As maiorias das grades curriculares trazem a disciplina de Física com apenas 2 horas/aula semanais, o que representa aproximadamente 80 horas/aula ao longo do ano. Uma ciência que transborda conteúdos e que pode ser aplicado o tempo todo aos fenômenos do cotidiano, não se esgotaria nesse período, muito pelo contrário, o professor tem a árdua tarefa de selecionar alguns tópicos para trabalhar ao longo do ano.

Por razões organizacionais, dividimos os conteúdos entre as séries do ensino médio respeitando sua unificação histórica. No primeiro ano do ensino médio são abordados os assuntos referentes à Mecânica e a Gravitação, como a estática, cinemática, dinâmica, e suas respectivas leis e conceitos específicos. No segundo ano do ensino médio, o espaço é da Termodinâmica, descrita em termos da termometria, termologia, dilatação térmica, comportamento dos gases e as leis da termodinâmica. No terceiro ano do ensino médio é trabalhado os conceitos relacionados ao eletromagnetismo, bem como os estudos da eletrostática e da eletrodinâmica e da ótica.

E a Física Moderna e Contemporânea? Se seguirmos o padrão apresentado, esses conceitos seriam aplicados no quarto ano do ensino médio! Como esta série não existe, cabe ao professor reorganizar seu planejamento e inseri-los nos demais períodos. Esta organização é também a apresentada nos livros didáticos, onde tópicos da Física Moderna são colocados no final do livro, por isso as vezes é cômodo trabalhar desta maneira pois “não dá tempo de trabalhar esses conceitos em sala de aula”.

Selecionar os conteúdos é complicado, geralmente é mais cômodo seguir a proposta do sumário de um livro didático, porém, pode não ser uma sequência representativa, capaz de relacionar os conhecimentos prévios aos novos conhecimentos, mesmo porque esse contexto precisa ser construído. Muitas vezes os conteúdos estudados seguem caminhos não previstos, e isso pode acontecer através de uma simples pergunta em sala de aula, ao respondê-la associamos novos conceitos que podem não ser os previstos para aquele momento.

Mesmo sabendo que os conteúdos estudados podem tomar uma direção diferente da prevista, é preciso ter bem claro como estes serão organizados. No estudo da Física, aplicamos modelos representativos dos fenômenos naturais, e esses modelos devem estar contextualizados, cabe aqui então a organização dos mesmos. Os conteúdos podem ser organizados historicamente, visto que apresentam marcos distintos ao longo do desenvolvimento da ciência, como por exemplo, podemos destacar: a mecânica e a gravitação, a termodinâmica e o eletromagnetismo.

Na rede estadual de ensino do estado do Paraná, o documento base para a elaboração das propostas curriculares das disciplinas é a Diretriz Curricular Estadual (DCE). Este documento foi elaborado com a participação dos professores da rede, através de seus questionamentos e críticas, e propõe, no caso do ensino de Física, uma visão mais ampla na seleção dos conteúdos. A organização parte dos pressupostos históricos, porém, tem uma abrangência que propõe maior liberdade aos professores na elaboração de seus planejamentos.

Esse é o princípio implícito nestas diretrizes quando se defende um currículo baseado nas dimensões científica, artística e filosófica do conhecimento. A produção científica, as manifestações artísticas e o legado filosófico da humanidade, como dimensões para as diversas disciplinas do currículo, possibilitam um trabalho pedagógico que aponte na direção da totalidade do conhecimento e sua relação com o cotidiano. Com isso, entende-se a escola como o espaço do confronto e diálogo entre os conhecimentos sistematizados e os conhecimentos do cotidiano popular. Essas são as fontes sócio históricas do conhecimento em sua complexidade. (DCE, 2009, p. 21)

A grande preocupação desta Diretriz está em não permitir que haja um “esvaziamento de conteúdo” não se quer uma aprendizagem superficial da disciplina, mas sim, uma aprendizagem significativa e contextualizada, que não segue às regras dos livros didáticos, os quais são considerados importantes, porém deve ser apenas um apoio ao professor, mas busca uma educação direcionada ao conhecimento aplicado ao cotidiano.

1.2. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral compreende ao que se pretende alcançar com a disciplina em geral. Esse objetivo deve ser pensado a longo prazo, de forma abrangente e condizente com as habilidades que se pretende observar nos alunos. O objetivo geral deve ser elaborado por verbos que contemplem a amplitude da disciplina, como por exemplo, desenvolver, compreender, conhecer, valorizar, etc. No que diz respeito a proposta HCTS, o objetivo geral deve enfatizar as relações entre a história, ciência, tecnologia e sociedade, enquanto que os objetivos específicos, divididos nos demais momentos da aula, devem promover essas relações.

1.3. PERSPECTIVA HCTS

Nessa perspectiva, o professor deve pensar no conteúdo de modo que o aluno seja levado a relacionar as teorias, as equações, as aplicações práticas e como esse processo contempla a sociedade, em quais aspectos houve melhorias e em que sentido o desenvolvimento da ciência e da tecnologia pode ter aspectos negativos. É possível elencar em cada item questões que contemplem esses aspectos. “O uso da História da Ciência para enriquecer o ensino de Física e tornar mais interessante seu aprendizado, aproximando os aspectos científicos dos acontecimentos históricos, possibilita a visão da ciência como uma construção humana”. (MEC, 2008, p. 64)

Ao se referir a uma abordagem contextualista do ensino de ciências, Mathews (1995, p. 166), defende que a educação em ciências contemple seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico; redimensionando o argumento de que o ensino de ciências deveria ser, simultaneamente, em e sobre ciências.

Desse modo, ao buscar contemplar esses contextos podemos nos embasar em quatro aspectos relevantes quando se trata do ensino de ciências: aspecto histórico (H), aspecto científico (C), aspecto tecnológico (T) e aspecto social (S), os quais possibilitam uma discussão reflexiva sobre como a construção humana descrita pela história da ciência pode relacionar os acontecimentos sociais e o desenvolvimento tecnológico e científico.

1.3.1 Aspecto Histórico

O aspecto histórico (H) consiste em ressaltar não só o momento histórico em que os estudos das propriedades científicas sobre a temática tiveram início, bem como resgatar as influências vividas pelos pesquisadores em contexto, tanto políticas como religiosas, relacionadas ainda com a condição social que permeia o desenvolvimento histórico e tecnológico da ciência. Portanto, o aspecto histórico é o principal intermediador entre os demais, proporcionando o envolvimento necessário ao enfoque CTS.

A tradição contextualista assevera que a história da ciência contribui para o seu ensino porque: (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência -a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia cientificista; e,

finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente. (MATTEWS, M. R. 1995, p. 172)

A História da Ciência, segundo Martins (2005), pode ser analisada por meio de duas abordagens, a conceitual, que discute fatores científicos sobre determinado assunto e procura questionar e responder os conceitos acerca de uma fundamentação teórica, e a não-conceitual, que considera os fatores sociais, políticos, econômicos, analisando se houve aceitação ou rejeição de determinada teoria, e porque essa análise levou a tal conclusão. Para um estudo completo da História da Ciência, os dois tipos de abordagem devem ser contemplados. No entanto, deve-se considerar que: “A prática histórica, especialmente a história da ciência, deve estar aberta a novas interpretações em direção a um diálogo cada vez mais enviesado para o presente e o futuro, sem se deixar encerrar numa objetivação fechada sobre si mesma no passado.” (BELENS e PORTO, 2009, p. 31)

1.3.2 Aspecto Científico

No contexto científico (C) destaca-se os estudos resultantes da pesquisa científica, tanto teorias testadas experimentalmente, como também, experiências que resultaram em explicações teóricas. Nesse ponto apresenta-se ainda as definições, equações, deduções pertinentes ao tema estudado, de forma ampla, abrangente e explicativa. A visão mais comum que se tem sobre a ciência é de algo mágico, onde “gênios” produziam leis perfeitas, descobertas maravilhosas, explicando a natureza de forma simples e intuitiva. No entanto, a trajetória da ciência envolve muitos testes, experimentos, cálculos, até se chegar a uma teoria comprovada e aceita entre os cientistas. Assim, estudar conceitos, fórmulas, definições, sobre os diferentes temas da ciência requer essa análise, uma relação direta com o aspecto histórico.

Segundo Mathews (1995) para se discutir o que é a Natureza da Ciência é preciso abordar sua construção em seu contexto, relacionando com o conhecimento científico. A Natureza da Ciência é indissociável do mundo, dos homens e das mudanças que ocorrem, assim, entender a natureza é compreender essa essência da construção científica. Alguns aspectos consensuais, envolvidos na construção da ciência e do conhecimento, são importantes para se discutir o significado da Natureza da Ciência, principalmente para explicar os fenômenos naturais. Entre esses aspectos destacamos o consenso de que a Ciência não é estática, nem um conjunto de verdades absolutas, e sim, mutável, dinâmica, em constante transformação, revendo suas bases e seus modelos, e conseqüentemente, nossa própria concepção sobre o que é Ciência sofre mudanças temporais.

O contexto social também influencia a construção da Ciência, o que evidencia que a Ciência não é neutra. Essas influências desempenham uma função importante na aceitação ou não do desenvolvimento de teorias científicas. Bem como o fato de cientistas usarem a imaginação, crenças e outras influências para fazer Ciência, o que é observado ao se analisar a construção da ciência e constatar-se que eles são seres humanos, cometem erros, e utilizam-se de experiências pessoais para elaborar suas ideias.

1.3.3 Aspecto Tecnológico

Quanto a tecnologia (T), enfatiza-se as contribuições que as teorias científicas proporcionaram para o seu desenvolvimento. Inclui-se neste aspecto os procedimentos experimentais, demonstrações, simulações, observações, entre outros, que demonstrem de alguma forma os conceitos levantados pela abordagem dos conteúdos. É importante trazer para a discussão as grandes descobertas tecnológicas, as construções e criações que transformaram a vida das pessoas, dando o devido valor aos estudos científicos que se aplicam às criações tecnológicas.

Segundo consta na LDB (artigo 36): “[...] destacará a educação tecnológica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania”. Nesse sentido, o aspecto Tecnológico está relacionado ao aspecto Científico, Histórico e também, ao Social, mostrando-se indissociável, porém importante na sua singularidade. Segundo Angotti (2001):

“Compreender mais e melhor as problemáticas de influência direta no modo de vida da população não pode se restringir ao estudo das relações sociais em curso. Estudos que apontam e aprofundam perdas e danos resultantes dos processos da ciência aplicada e da tecnologia são também essenciais, nas dimensões coletivas e individuais. (ANGOTTI e AUTH, 2001, p. 18)”

A história da ciência descreve a trajetória, quais os avanços, os acertos e os erros implícitos na evolução da ciência, mas também demonstra os resultados obtidos ao aplicar a ciência para o bem-estar da sociedade, por meio dos avanços tecnológicos. Uma análise mas reflexiva acerca da tecnologia e de sua utilização considera não só os benefícios, mas também, as consequências negativas que podem vir a causar para a sociedade em geral.

1.3.4 Aspecto social

Sobre a sociedade (S), as relações são efetuadas baseadas principalmente nas contribuições, positivas ou negativas, para a comunidade em geral. Nesse aspecto ressalta-se inclusive as questões ambientais, como poluição, desmatamento, bastante presente na era das máquinas térmicas, e outros temas, como descarte de lixo eletrônico, reciclagem, clima, etc. A análise de como as tecnologias estão sendo utilizadas pelas pessoas, e questões políticas e econômicas que também enriquecem as discussões e ampliam a potencialidade da presente metodologia. Fica evidente a relação existente entre o aspecto Social, e os demais aspectos, justificando a relação HCTS como uma metodologia abrangente, não linear, que dá liberdade para os professores de ciências, incluindo aqui além da Física, a Química, a Biologia, a Matemática. Segundo Angotti (2001):

“Uma retrospectiva histórica tende a propiciar condições para perceber como chegamos ao estágio atual de desenvolvimento e onde/como as coisas começaram a seguir um certo “caminho”. Aspectos históricos e epistemológicos (como os presentes em propostas pedagógicas de CTS) devem auxiliar a compreender que os eventos não são lineares, que outras possibilidades existem. ”

Essa análise é importante para a proposta HCTS principalmente por valorizar a relação entre os aspectos históricos, tecnológicos e científicos ao desenvolvimento social. Esse aporte mostra como chegamos ao atual estágio e possibilita um prognóstico alertando os cuidados que devem ser tomados ao explorar de forma desenfreada os recursos da natureza em benefício do desenvolvimento tecnológico sem que haja um planejamento social. O quadro 2 apresenta uma visão geral de como a proposta HCTS pode ser trabalhada, descreve uma explicação para cada perspectiva, a fim de atender o objetivo a que se propõe.

Quadro 2 – Resumo da proposta HCTS

OBJETIVO GERAL: Delimitar qual estudo se pretende fazer em sua dimensão histórica e científica, bem como suas aplicações tecnológicas e seu impacto para a sociedade;		
PERSPECTIVA HCTS	ASPECTO HISTÓRICO	Consiste em ressaltar não só o momento histórico em que os estudos das propriedades científicas sobre a temática tiveram início, bem como resgatar as influências vividas pelos pesquisadores em contexto, tanto políticas como religiosas, relacionadas ainda com a condição social que permeia o desenvolvimento histórico e tecnológico da ciência. Portanto, o aspecto histórico é o principal intermediador entre os demais, proporcionando o envolvimento necessário ao enfoque CTS.
	ASPECTO CIENTÍFICO	Destaca-se os estudos resultantes da pesquisa científica, tanto teorias testadas experimentalmente, como também, experiências que resultaram em explicações teóricas. Apresenta definições, equações, deduções de forma ampla, abrangente e explicativa. A trajetória da ciência envolve muitos testes, experimentos, cálculos, até se chegar a uma teoria comprovada e aceita entre os cientistas. Assim, estudar conceitos, fórmulas, definições, sobre os diferentes temas da ciência requer essa análise, ou seja, uma relação direta com o aspecto histórico.
	ASPECTO TECNOLÓGICO	Enfatiza as contribuições que as teorias científicas proporcionaram para o seu desenvolvimento. Inclui-se neste aspecto os procedimentos experimentais, demonstrações, simulações, observações, entre outros, que demonstrem de alguma forma os conceitos levantados pela abordagem dos conteúdos. Traz discussão a respeito de descobertas tecnológicas, as construções e criações que transformaram a vida das pessoas, dando o devido valor aos estudos científicos que se aplicam às criações tecnológicas. Nesse sentido, o aspecto Tecnológico está relacionado ao aspecto Científico, Histórico e também, ao Social.
	ASPECTO SOCIAL	As relações são efetuadas baseadas principalmente nas contribuições, positivas ou negativas, para a comunidade em geral. Ressalta-se inclusive as questões ambientais, como poluição, desmatamento, bastante presente na era das máquinas térmicas, e outros temas, como descarte de lixo eletrônico, reciclagem, clima, etc. A análise de como as tecnologias estão sendo utilizadas pelas pessoas, e questões políticas e econômicas que também enriquecem as discussões e ampliam a potencialidade da presente metodologia. Fica evidente a relação existente entre o aspecto Social, e os demais aspectos, justificando a relação HCTS como uma metodologia abrangente, não linear, que dá liberdade para os professores de ciências, incluindo aqui além da Física, a Química, a Biologia, a Matemática.

Fonte: autoria própria

A visão geral proposta para a perspectiva HCTS relaciona algumas sugestões consideradas importantes para serem observadas ao iniciar esse processo. É importante ressaltar que a proposta não é linear e, ao elaborar suas aulas nessa perspectiva, o professor tem liberdade para iniciar por qualquer um dos aspectos, não sendo obrigatória a presença dos quatro aspectos em cada etapa.

1.4. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento das aulas corresponde ao momento em que a proposta se efetiva. Cada item é importante e deve ser pensado segundo a perspectiva HCTS, contemplando os diferentes aspectos no decorrer do processo.

1.4.1 Conteúdo da aula

Os conteúdos propostos inicialmente agora são organizados aula por aula. Segundo o que se propõe nos PCN+ (2002), destaca-se seis temas estruturadores: 1. Movimentos: variações e conservações; 2. Calor, ambiente e usos de energia; 3. Som, imagem e informação; 4. Equipamentos elétricos e telecomunicações; 5. Matéria e radiação; 6. Universo, Terra e vida. Cada Tema Estruturador possui Unidades Temáticas que desmembram os conteúdos em diferentes objetivos de estudo, que norteiam o trabalho do professor. De acordo com o Tema Estruturador, o professor deverá selecionar os conteúdos específicos, no caso as Unidades Temáticas, e desenvolvê-las segundo suas estratégias de ensino.

Quanto a DCE/PR (2006), os conteúdos são divididos em Conteúdos Estruturantes: Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo, os quais são “[...] interdependentes e não passíveis de hierarquização, implicando na possibilidade de tratar um conteúdo específico sob os referenciais teóricos dos três conteúdos estruturantes”. (DCE. 2006, p. 32). Os Conteúdos Estruturantes são divididos em conteúdos específicos para cada uma das abordagens.

Deve-se observar a coerência entre os conteúdos, a relação HCTS que será adotada em cada aula, sendo possível adotar uma ou mais perspectivas por aula, considerando o tempo previsto para as atividades. Não é necessário seguir a abordagem na ordem que se apresenta (História, Ciência, Tecnologia, Sociedade) esta fica a critério do professor pois dependerá das estratégias de ensino que serão adotadas.

1.4.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos devem estar vinculados ao objetivo geral, porém, devem satisfazer as propostas de cada aula em particular. O termo “o aluno deve ser capaz de” sugere verbos de ações mais específicas, como identificar, discutir, responder, interagir, resolver, expor, etc. Os objetivos específicos propõem o que esperamos dos alunos, quais habilidades eles devem adquirir e auxiliam na avaliação. Os objetivos específicos estão relacionados aos conteúdos específicos (ou unidades temáticas) para cada momento, cada aula, e devem estar vinculados às estratégias de ensino escolhidas.

1.4.3 Estratégias de ensino

Descrever quais as metodologias e estratégias que serão adotadas para cada aula. Por exemplo, se o professor utilizará um procedimento experimental, estará utilizando uma metodologia baseada na experimentação. As estratégias adotadas são no sentido da condução dessa metodologia, como a divisão ou não da turma em grupos, a busca (ou necessidade) de um espaço diferente da sala de aula para a realização dessa atividade, roteiros escritos com elaboração de relatório, apresentação de resultados, enfim, são várias as estratégias que deverão ser elencadas aqui e isso dependerá dos métodos adotados.

As estratégias metodológicas são importantes para o ensino de Física pois através delas que se poderá fazer a investigação sobre o assunto abordado. Partindo do conhecimento prévio, o alcance significativo do conteúdo ocorrerá de forma mais efetiva, potencializando o estudo em questão e auxiliando na avaliação. Grande parte do sucesso ou fracasso no resultado avaliativo do aluno se deve a escolha das estratégias de ensino.

1.4.4 Recursos didáticos

Os recursos didáticos correspondem aos materiais que serão usados em cada aula, especificamente. Como por exemplo, filmes, revistas, materiais de laboratório, jogos, softwares, folhas impressas, caderno, livro didático, cartolina, quadro, giz, enfim, o que for adotado para que as estratégias de ensino sejam realizadas com sucesso. O uso dos recursos está diretamente ligado a escolha das estratégias de ensino, ou seja, a dinâmica das aulas depende tanto das habilidades do professor, como também das condições da escola.

1.4.5 Avaliação Específica (Optativa)

A avaliação em cada aula estará sujeita a metodologia e estratégias adotadas, e também, ao plano de ensino da escola, onde sugere como o professor deverá atribuir as notas aos alunos. Vale ressaltar que ao se avaliar o aluno em quase todas as aulas, aspectos diferentes poderão ser observados, como por exemplo, o aluno que se destaca oralmente, ou liderando uma equipe, ou ainda, que tem facilidade em compreender roteiros e montar experimentos, que é melhor escrevendo, que muito bom com computadores, e conseqüentemente, o oposto também poderá ser observado.

A avaliação específica é exposta aqui como optativa por valorizar a autonomia do professor diante de sua sequência de aulas, nem sempre é possível avaliar cada etapa do processo, apesar de ser considerada uma característica importante na aprendizagem significativa. Essa avaliação pode ser um roteiro experimental, a conclusão de um jogo, a esquematização de uma teoria, a apresentação (seminário) de um tema, uma tecnologia por exemplo, uma pesquisa, resposta a um questionário, resolução de uma lista de exercícios, enfim, uma infinidade de meios existentes pode ser utilizada para avaliar as habilidades dos alunos.

1.5. AVALIAÇÃO GERAL

A avaliação geral vai determinar se o objetivo geral foi alcançado ou não. Através dessa avaliação pode-se verificar se os objetivos propostos ao longo das aulas vão de encontro ao que era esperado e se houve indícios de aprendizagem, valorizando os progressos obtidos. Deve apresentar a evolução do estudante durante o curso, sustentada pelas estratégias de ensino e focadas nas perspectivas, necessitando contemplar todas as propostas.

Como o sistema de ensino ao qual estamos habituados requer que seja atribuído aos alunos uma nota por período (bimestral, trimestral, semestral), temos impregnados a nossa prática a “aplicação de uma prova”. No entanto, apesar do caráter tradicional e considerado como pouco eficiente, principalmente por contribuir para a aprendizagem mecânica, esse tipo de avaliação poder ser utilizado para detectar e observar os indícios da aprendizagem, a construção do conhecimento. É necessário para que isso ocorra que ele seja pensado dessa forma. A avaliação também precisa ter objetivos, deve ser elaborada de acordo com o que foi previsto para as aulas e deve promover a reflexão.

1.6. REFERÊNCIAS

As referências utilizadas são muito importantes. Não só para dar crédito ao autor, mas para fundamentar o trabalho do professor. Buscar várias fontes e registrá-las trará comodidade se no futuro for utilizar novamente o recurso pesquisado. Deve-se referenciar todo material, sejam filmes, softwares, textos, revistas, livros, inclusive o livro didático, etc. Pode-se utilizar o formato ABNT, que é o formato oficial. Assim se o professor desejar publicar sua experiência, as referências já estarão prontas. É importante também passar essa informação aos alunos, que ao realizarem pesquisas, trabalhos, etc., lembrem de colocar a fonte utilizada.

2. CONHECENDO A PROPOSTA

Diante dos problemas enfrentados no ensino de ciências, alguns documentos foram produzidos pelo Ministério da Educação visando orientar os professores em suas ações docentes, principalmente no que diz respeito ao conteúdo programático dos currículos, que atendam aos anseios da ciência moderna, elencando parâmetros e diretrizes com estratégias que melhorem o ensino e a aprendizagem. Para o Ensino Médio, público alvo desta proposta, constam em nível nacional os PCN (Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio, 1999), os PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, 2002), o OCEM (Orientações Curriculares para o Ensino Médio, 2006) e a nível estadual no Paraná a DCE (Diretriz Curricular Estadual, 2006).

Todos esses documentos buscam apresentar uma relação entre a ciência e a sociedade moderna, reconhecendo a realidade atual. Um dos fatores bem evidenciados nos textos que se referem ao ensino de Física, é a contextualização sócio histórica que se encontra diretamente vinculada ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Para a amplitude de conteúdos propostos nos documentos, vale ressaltar que:

“O vasto conhecimento de Física, acumulado ao longo da história da humanidade, não pode estar todo presente na escola na escola média. Será necessário sempre fazer escolhas em relação ao que é mais importante ou fundamental, estabelecendo para isso referências apropriadas”. (PCN+, 2002 p. 16)

Ao mesmo tempo que os documentos oficiais remetem a uma estrutura pautada em conteúdos, eles dão a liberdade de escolha. Essa é uma análise individual do professor, mas que deve observar o público ao qual esses

conceitos serão ensinados. Ver a realidade do grupo, da escola, da comunidade e da região é uma reflexão necessária para que o estudo seja relevante aos estudantes.

2.1 ESCOLHA DOS CONTEÚDOS E OBJETIVOS

A descrição do conteúdo que será abordado em cada plano é muito importante, pois dependendo do assunto proposto as abordagens quanto ao contexto HCTS serão diferentes. Como a proposta metodológica não é linear, cabe ao professor, dependendo do assunto abordado, organizar os tópicos de forma que os conteúdos sejam alcançados em sua amplitude máxima, e também, escolher os recursos didáticos apropriados.

A sequência dos conteúdos selecionados referente ao tema proposto para o estudo deve ser clara e objetiva, para que a estrutura baseada em HCTS não seja comprometida. Deve-se obedecer uma ordem cronológica dos assuntos, porém, estas podem ser intercaladas entre a História, Ciência, Tecnologia e Sociedade. Um ponto importante que deve ser investigado é o conhecimento prévio dos alunos e o interesse pelo assunto, estabelecendo assim, alguns pré-requisitos, fundamentais para que os conteúdos não sejam fragmentados.

A escola é o principal local de veiculação do conhecimento (científico, histórico, social) por meio dos conteúdos das diversas disciplinas que transmitem de forma particular os conhecimentos produzidos pela humanidade. No ensino dos diferentes conceitos é necessário que, além da interação entre os conteúdos das disciplinas, haja relação crítica com os acontecimentos globais, é preciso mostrar a relação existente entre o conceito científico, as bases históricas de sua concepção e quais as consequências efetivas para a sociedade.

Os conteúdos disciplinares devem ser tratados, na escola, de modo contextualizado, estabelecendo-se, entre eles, relações interdisciplinares e colocando sob suspeita tanto a rigidez com que tradicionalmente se apresentam quanto o estatuto de verdade atemporal dado a eles. Desta perspectiva, propõe-se que tais conhecimentos contribuam para a crítica às contradições sociais, políticas e econômicas, presentes nas estruturas da sociedade contemporânea e propiciem compreender a produção científica, a reflexão filosófica, a criação artística, nos contextos em que elas se constituem. (DCE, 2009, p. 14)

O ensino de Física tem como objeto de estudo o Universo (DCE, 2009), bem como todas as manifestações da natureza que provocam mudanças nesse Universo. Ao selecionar o que ensinar aos alunos do ensino médio, estabelecemos as dimensões que essa disciplina terá ao longo do curso. Deve-se considerar qual a relevância de tais conceitos para sua

percepção de mundo e também buscar promover as relações tecnológicas entre o conceito histórico científico e suas aplicações no cotidiano.

Seria muita ousadia acreditar que é possível fazer todas as relações entre mecânica, ótica, termodinâmica, gravitação, eletricidade, e os demais conceitos correlacionados a estes temas em nosso contexto escolar. As maiorias das grades curriculares trazem a disciplina de Física com apenas 2 horas/aula semanais, o que representa aproximadamente 80 horas/aula ao longo do ano. Uma ciência que transborda conteúdos e que pode ser aplicado o tempo todo aos fenômenos do cotidiano, não se esgotaria nesse período, muito pelo contrário, o professor tem a árdua tarefa de selecionar alguns tópicos para trabalhar ao longo do ano.

Por razões organizacionais, dividimos os conteúdos entre as séries do ensino médio de acordo com sua unificação histórica. No primeiro ano do ensino médio são abordados os assuntos referentes à Mecânica e a Gravitação, como a estática, cinemática, dinâmica, e suas respectivas leis e conceitos específicos. No segundo ano do ensino médio, o espaço é da Termodinâmica, descrita em termos da termometria, termologia, dilatação térmica, comportamento dos gases e as leis da termodinâmica. No terceiro ano do ensino médio é trabalhado os conceitos relacionados ao eletromagnetismo, bem como os estudos da eletrostática e da eletrodinâmica e da ótica.

E a Física Moderna e Contemporânea? Se seguirmos o padrão apresentado, esses conceitos seriam aplicados no quarto ano do ensino médio! Como esta série não existe, cabe ao professor reorganizar seu planejamento e inseri-los nos demais períodos. Esta organização é também a apresentada nos livros didáticos, onde tópicos da Física Moderna são colocados no final do livro, por isso as vezes é cômodo trabalhar desta maneira: não dá tempo de trabalhar esses conceitos em sala de aula.

Selecionar os conteúdos é uma tarefa complicada, geralmente é mais cômodo seguir a proposta do sumário de um livro didático, porém, pode não ser uma sequência representativa, capaz de relacionar os conhecimentos prévios aos novos conhecimentos, mesmo porque esse contexto precisa ser construído. Muitas vezes os conteúdos estudados seguem caminhos não previstos, e isso pode acontecer através de uma simples pergunta em sala de aula, ao respondê-la associamos novos conceitos que podem não ser os previstos para aquele momento.

Mesmo sabendo que os conteúdos estudados podem tomar uma direção diferente da prevista, é preciso ter bem claro como estes serão organizados. No estudo da Física, aplicamos modelos representativos dos fenômenos naturais, e esses modelos devem estar contextualizados, cabe aqui então a organização dos mesmos. Os conteúdos podem ser organizados historicamente, visto que apresentam marcos distintos ao longo do desenvolvimento da ciência, como por exemplo, podemos destacar: a mecânica e a gravitação, a termodinâmica e o eletromagnetismo.

Na rede estadual de ensino do estado do Paraná, o documento base para a elaboração das propostas curriculares das disciplinas é a Diretriz Curricular Estadual (DCE). Este documento foi elaborado com a participação dos professores da rede, através de seus questionamentos e críticas, e propõe, no caso do ensino de Física, uma visão mais ampla na seleção dos conteúdos.

A organização parte dos pressupostos históricos, porém, tem uma abrangência que propõe maior liberdade aos professores na elaboração de seus planejamentos.

Esse é o princípio implícito nestas diretrizes quando se defende um currículo baseado nas dimensões científica, artística e filosófica do conhecimento. A produção científica, as manifestações artísticas e o legado filosófico da humanidade, como dimensões para as diversas disciplinas do currículo, possibilitam um trabalho pedagógico que aponte na direção da totalidade do conhecimento e sua relação com o cotidiano. Com isso, entende-se a escola como o espaço do confronto e diálogo entre os conhecimentos sistematizados e os conhecimentos do cotidiano popular. Essas são as fontes sócio históricas do conhecimento em sua complexidade. (DCE, 2009, p. 21)

A grande preocupação desta Diretriz está em não permitir que haja um “esvaziamento de conteúdo” não se quer uma aprendizagem superficial da disciplina, mas sim, uma aprendizagem significativa e contextualizada, que não segue às regras dos livros didáticos, os quais são considerados importantes, porém deve ser apenas um apoio ao professor, mas busca uma educação direcionada ao conhecimento aplicado ao cotidiano.

2.2 RELEVANCIA DA PROPOSTA HCTS PARA O ENSINO DE FÍSICA

Ao longo da história da humanidade temos visto que a ciência e a tecnologia estão em constante desenvolvimento, provocando transformações na sociedade que se reflete em diferentes níveis, econômico, político e social. Nesse contexto podemos comparar o avanço científico e tecnológico como engrenagens do progresso, antecipando a conclusão de que essa evolução traz apenas benefícios para a sociedade. No entanto, essa conclusão requer muita reflexão em relação às questões sociais afetadas direta ou indiretamente por esse progresso. O conflito de interesses entre as entidades sociais, políticas, militares e econômicas implicam em alguns riscos e nem sempre representam apenas os benefícios. O impacto que o desenvolvimento da ciência e da tecnologia podem provocar à sociedade deve ser levado em consideração e assim, ser avaliado historicamente.

“É importante lembrar que, ao mesmo tempo em que a ciência se opõe ao mito como explicação das coisas de ordem prática, na modernidade ela passou a desfrutar de uma crença quase divina, incluindo-se aqui a tecnologia. Isso pode levar a uma sociedade tecnocrática na qual são os parâmetros técnicos e científicos que definem as tomadas de decisões em prejuízos dos parâmetros humanos e sociais. Para se repensar esse cenário podem contribuir a introdução da História e a Filosofia da Ciência, juntamente com o enfoque metodológico CTS (Ciência, tecnologia e sociedade) e a alfabetização científica e tecnológica (ACE)”. (MEC, 2008, p. 62)

A exploração sem limites dos recursos naturais e também, os avanços que a ciência proporcionou para o desenvolvimento da tecnologia, pode não beneficiar a todos como se supõe. A expectativa de beneficiar a maioria da população é muito superficial, pois muitos ainda estão alheios a modernidade promovida pela tecnologia. Entender e avaliar esse contexto é um dos papéis atribuídos à Ciência o qual deve ainda contribuir para ações reflexivas que busquem a integração do conhecimento.

“A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tomar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas.” (MATTEWS, M. R. 1995, p. 165)

Mais do que conhecer as variáveis de uma equação é saber o que elas representam e por que. A História da Ciência tem muito a contribuir nesse ponto, pois pode buscar a essência dessa construção, valorizando o conhecimento científico por meio da leitura do contexto, em que a Ciência é elaborada em meio a investigações, testes, conclusões, e não descoberta, como é apresentada aos estudantes.

3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

A maneira como os conteúdos são abordados reflete nos aspectos científicos do conceito em si, e como nas palavras de Moreira (2000), não é somente pelo aspecto histórico que os conhecimentos serão efetivados, é preciso mais que isso, o conhecimento precisa ser construído e contextualizado. Para que isso ocorra, é preciso que haja uma relação com os conhecimentos prévios que o aluno possui sobre o assunto a ser abordado, tendo a história científica de sua construção como um referencial, o que mostra a importância de se estudar a Física nos aspectos Científicos, Tecnológicos e Sociais além dos aspectos Históricos.

MODELOS ATÔMICOS

Na aprendizagem de conceitos científicos, quanto mais complexos forem suas teorias mais dificuldades temos para compreendê-las. Dessa forma, explicar a evolução de uma teoria para estudantes do ensino médio requer o uso de métodos e estratégias de ensino que vão além do que se apresenta nos livros didáticos. Logo, conceitos abstratos, como a evolução da estrutura da matéria é apresentada por modelos, que por sua vez, representavam o quanto as teorias científicas são consistentes.

A História da Ciência possui um papel importante para entendermos como Ciência evolui e como as ideias transformaram-se em teorias fundamentadas teoricamente. Ao associar a História da Ciência com a Tecnologia temos algumas respostas para as descobertas científicas, visto que as experimentações que serviam para testar hipóteses por vezes desencadearam resultados inesperados, gerando outras teorias, outras descobertas. Os acessos a novas informações acumulam os conhecimentos e estes, associados, promovem novas aplicações resultando no mundo moderno que temos hoje. As consequências sociais desse desenvolvimento variam muito, dependem de confrontar os prós e contras e geram interpretações e opiniões diferentes.

No ensino de Ciências podemos definir o uso de modelos como representações parciais de um objeto ou entidade com propósitos distintos a exemplo da visualização de uma teoria, da explicação e representação de uma ideia da elaboração de previsões para o comportamento de um determinado

sistema, entre outras funções importantes que justificam sua importância inclusive com propósito didático. Para que haja sucesso no processo de ensino e aprendizagem, esse propósito precisa ser organizado, e evidenciar os aspectos relevantes ao conteúdo específico. A sequência didática cumpre esse papel, pois organiza e direciona o estudo de acordo com os objetivos da proposta, que neste caso, compreende em estudar a evolução dos modelos atômicos sob as perspectivas da História, Ciência, Tecnologia e Sociedade (HCTS).


3.1 As analogias propostas para representar o átomo

A representação através de modelos é proposta para se ver o que na verdade não se pode ver. Criar modelos representativos proporciona a relação entre o conceito científico e sua aprendizagem. Quando os alunos se envolvem em atividades desta natureza, é possível ao professor avaliar a compreensão dos modelos científicos pela expressão das ideias apresentadas, neste sentido, os modelos podem ser vistos como materiais instrucionais, que propõe o entendimento de determinados aspectos de ensino. (SOUZA et all, 2006)

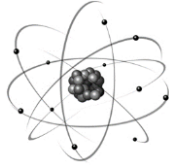
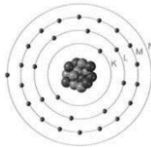
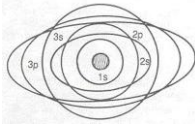
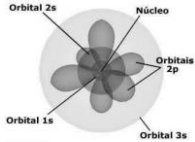
Os modelos criados com o intuito de explicar a teoria atômica são bastante conhecidos e citados na literatura, tais como: “o modelo da bola de bilhar”; “o modelo do pudim de passas”; “o modelo planetário”. Essas analogias são razoáveis, pois auxiliam na elaboração de modelos mentais. Para Meleiro e Giordan (1999, p. 3), essa prática amplia a capacidade de significação, configurando elementos apropriados ao processo conhecido como modelização mental.

O Quadro 3 resume a evolução histórica dos modelos atômicos, transcrevendo as teorias mais significativas:

Quadro 3: Evolução dos Modelos Atômicos

MODELO ATÔMICO	ANO/DESCRIÇÃO
 <p>JOHN DALTON (1766-1844)</p>	<p>1810</p> <p>O modelo propõe que os elementos são formados por átomos, pequenas partículas indivisíveis, indestrutíveis e maciças. No entanto, impõe a regra da máxima simplicidade (ex: água – HO; amônia – NH; etc) e não contempla a natureza elétrica da matéria.</p>

 <p>JAMES H. JEANS (1877-1946)</p>	<p>1901</p> <p>Nesta proposta, o átomo seria formado por uma porção de cargas elétricas negativas e positivas (-e, +e) em equilíbrio e estáveis. No entanto o modelo era basicamente teórico, validado pelos dados da espectroscopia e que não ganhou muito destaque.</p>
 <p>JOSEPH J. THOMSON (1856-1940)</p>	<p>1903</p> <p>Constitui o átomo de anéis coplanares de corpúsculos, os elétrons, que girariam em círculos imersos em uma esfera de carga positiva e uniforme com estabilidade regida pelas leis da mecânica e do eletromagnetismo. Segundo este modelo, todas as partículas alfas deveriam atravessar a matéria, mas o experimento de Geiger-Marsden mostrou que não era bem assim, algumas delas eram defletidas.</p>
 <p>HANTARO NAGAOKA (1865-1950)</p>	<p>1904</p> <p>Apresenta uma região central, grande e carregada, envolvido de anéis formados por corpúsculos que giravam com mesma velocidade ao seu redor, análogo ao movimento de Saturno, onde a estabilidade dos anéis se deve ao planeta possuir uma grande massa. No entanto, este modelo propõe uma velocidade angular muito alta que para a física clássica eram difíceis de serem obtidos</p>
 <p>LORD RAYLEIGH (1842-1919)</p>	<p>1906</p> <p>Modelo com cargas positivas em movimento de forma fluida, enquanto as negativas estariam com maior liberdade dentro da região limitada pela esfera. Porém, neste modelo o número de elétrons apresentava uma variação para o infinito. Definir o número de corpúsculos negativos dentro do átomo ainda não era possível pois não se conhecia outras partículas e nem as relações de massa que seriam estudadas no átomo nuclear</p>
 <p>GEORGE A. SCHOTT (1868-1937)</p>	<p>1906</p> <p>Nesta proposta os elétrons se movem em círculos com velocidades uniformes podendo se expandir. Possuem uma forma esférica e é sujeito a uma força constante (pressão) em toda a superfície. Evidencia a existência do éter como meio externo de pressão hidrostática causadora da resistência expansiva.</p>

 <p>ERNEST RUTHERFORD (1871 – 1937)</p>	<p>1911</p> <p>Modelo inspirado no sistema planetário, consiste em um núcleo muito pequeno, positivamente carregado, rodeado por uma nuvem de elétrons (em forma de esfera e não de disco, como no modelo saturniano), com a massa concentrada quase toda no núcleo. Teoricamente inviável visto que pelas leis do eletromagnetismo cargas aceleradas emitem energia. No entanto, elétrons orbitando em torno do núcleo deveriam perder energia mecânica e, pela física clássica, sua trajetória seria uma espiral em direção ao núcleo. Dessa forma toda a matéria deveria se desintegrar em fração de segundo.</p>
 <p>NIELS BOHR (1885 – 1962)</p>	<p>1913</p> <p>Neste modelo apresenta o átomo com núcleo central pequeno, positivo, que concentra toda a massa do átomo, com elétrons em sua volta fazendo movimentos circulares. Porém não possibilita prever, com precisão, as linhas dos espectros de átomos com mais de um elétron. Ou seja, o modelo de Bohr concorda quantitativamente apenas com os dados experimentais do átomo de hidrogênio, íons com apenas um elétron e sistemas similares.</p>
 <p>ARNOLD SOMMERFELD (1868 – 1951)</p>	<p>1913</p> <p>Sugeriu que, em vez de descrever órbitas circulares, os elétrons deveriam descrever órbitas elípticas por detectar diferentes excentricidades (distância do centro), gerando energias diferentes para uma mesma camada, mas ainda assim não explicava os átomos com maior número de elétrons.</p>
 <p>ERWIN SCHRÖDINGER (1887-1961)</p>	<p>1926</p> <p>Sugere que não é possível determinar a trajetória dos elétrons em torno do núcleo, o que se pode determinar é uma certa energia e, com isso, obter uma região onde é mais provável encontrar o elétron. É um modelo matemático-probabilístico com base no Princípio da Incerteza de Heisenberg, o qual diz que é impossível determinar com precisão a posição e a velocidade de um elétron no mesmo instante, e o Princípio da Dualidade da Matéria, no qual o elétron apresenta-se ora como matéria, ora como energia, comportando-se como uma partícula-onda</p>

FONTE: Autoria própria

O quadro apresenta os modelos mais conhecidos, estudados pelos alunos no ensino médio, no entanto, a História da Ciência é capaz de contemplar outros modelos que não se destacam nos livros didáticos, mas que trouxeram grande contribuição para a evolução e entendimento da teoria atômica.

3.2 Proposta HCTS para os Modelos Atômicos

O Quadro 4 apresenta um Plano de Trabalho Docente (PTD) para o estudo dos Modelos Atômicos na perspectiva HCTS, conforme sugestão anterior, constituindo a primeira parte do desenvolvimento da proposta com o objetivo de propor a introdução dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea, acreditando que o estudo da estrutura da matéria, ou ainda, do são feitas as coisas a nossa volta, é um tema em potencial, que desencadeia inúmeras descobertas importantes para a compreensão do mundo quântico.

Quadro 4: Parte do Plano de Trabalho Docente na Perspectiva HCTS

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL AGRÍCOLA GETÚLIO VARGAS - 2016		
DISCIPLINA: FÍSICA		SÉRIE: 3A / 3B
PROFESSOR: ANDRÉIA HORNES		CURSO: TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO
UNIDADE TEMÁTICA: Física Moderna e Contemporânea		4 a 8 AULAS
CONTEÚDO: Estrutura da matéria – modelos atômicos		
OBJETIVO GERAL: Conhecer a composição e organização da matéria, bem como o delineamento histórico-científico acerca dos modelos atômicos propostos e suas contribuições tecnológicas para a sociedade.		
PERSPECTIVA HCTS	ASPECTO HISTÓRICO	- Primeiras teorias sobre a composição das coisas (Demócrito, Leucipo, Aristóteles); - Principais modelos apresentados para a teoria atômica (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, Sommerfield); - Reconstrução histórica do processo evolutivo: discussões de outros modelos (Jeans, Nagaoka, Rayleigh, Schott, Nicholson, Chadwick, Schroedinger) - Principais investigações no final do século XIX e início do século XX e seus contextos;
	ASPECTO	- Embasamento científico na elaboração das teorias:

	CIENTÍFICO	características e limitações;
	ASPECTO TECNOLÓGICO	- Experiências importantes na elaboração teórica: - Raios Catódicos; -Radioatividade; -Geiger-Marsden; - Eletricidade; -Espectroscopia; - Chadwick;
	ASPECTO SOCIAL	- Como a evolução da teoria atômica influenciou no comportamento da sociedade na sua época e hoje; - Aplicação das propostas na vida cotidiana (TV, radiografias, ressonância, etc.)
DESENVOLVIMENTO	TÓPICOS DE ESTUDO	- Modelos atômicos
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	- Realizar leituras e discussões sobre a temática; pesquisar temas relacionados; responder questões e problemas; fazer experimentações;
	ESTRATÉGIAS DE ENSINO	- Exposição oral; - Leitura e pesquisa dirigida; - Atividade Experimental; - Resolução de questões e problemas;
	RECURSOS DIDÁTICOS	- Textos; - Material de baixo custo; - Datashow; - Resultados das pesquisas;
	AValiação ESPECÍFICA (OPTATIVA)	- Discussão das leituras; - Conclusão dos experimentos; - Respostas da resolução das questões e problemas; Textos das pesquisas;
	AValiação GERAL	- Avaliação com questões descritivas e interpretativas
	REFERÊNCIAS	- Livros didáticos; artigos científicos; sites de física e tecnologia;

FONTE: Autoria própria

Para contemplar o PTD proposto no quadro 4 e atingir o objetivo geral em todos os seus aspectos, precisamos organizar as aulas de tal modo que o mesmo seja contemplado com êxito, para tanto, propomos a organização de uma sequência didática, com objetivos específicos para cada aula. Nesse contexto, o PTD contempla o conteúdo de forma geral, detalhando os aspectos estudados, organizando a proposta, enquanto a sequência didática visualiza aula por aula, o que facilita a avaliação de cada momento, permitindo a intervenção quando necessário.

A sequência didática sugerida no quadro 5 propõe um desenvolvimento que parte do diálogo e da investigação acerca do que os alunos conhecem sobre o tema para então interferir e inserir novos conceitos ou conceitos complementares. Pretende-se também desencadear uma visão

integradora da Física, a qual foi construída cientificamente por longos estudos e ainda está em evolução. O foco principal dessa sequência é explicitar o caráter histórico do conhecimento científico, para tanto é relevante destacar a importância dos modelos científicos e também, levantar as condições para a reflexão no que diz respeito ao contexto científico, tecnológico e social.

A problematização inicial para o estudo dos Modelos Atômicos apresentado, tem como princípio o aspecto científico. O problema inicial se baseia em levantar a percepção dos estudantes quanto a composição da matéria e quais as representações que eles têm em mente para os modelos. Por ser uma proposta para o terceiro ano do ensino médio acredita-se que já tenham estudado a evolução dos modelos em algum momento.

Quadro 5: Sequência Didática

Aula	Objetivos	Conteúdos	Desenvolvimento	Avaliação
01	- Identificar conceitos prévios (ponto de partida);	Tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC)	Apresentação do projeto; aplicação do questionário investigativo;	Questionário
02	- Levantar e esquematizar os conhecimentos dos alunos para iniciar o assunto - Evidenciar a importância do uso de modelos científicos	Estrutura da matéria -Modelos atômicos	- Utilizar o diálogo para expor os conhecimentos prévios acerca de como a matéria é formada e o que conhecem a respeito dos modelos atômicos; - Anotar no quadro os modelos levantados pelos alunos, características importantes, definições e analogias comentadas; - Propor a produção de um diagrama em árvore com o tema “Modelos Atômicos”	- Elaboração do diagrama em árvore
03 e 04	- Apresentar a evolução histórico-científica dos modelos atômicos; - Perceber a importância dos estudos acerca da estrutura da matéria para o	Estrutura da Matéria - Modelos atômicos	- Apresentação do conteúdo: o que são modelos e teorias; - Evolução histórica dos modelos atômicos, incluindo modelos pouco conhecidos; - Desenvolvimento científico acerca dos modelos atômicos; - Progressos	- Problemas para discussão;

	desenvolvimento tecnológico - Associar os estudos sobre a estrutura da matéria com os aspectos sociais		tecnológicos - Mudanças sociais a partir desses estudos; -	
05 e 06	- Assimilar a importância dos modelos no desenvolvimento de teorias científicas - Destacar a importância das experimentações na formulação das teorias	Estrutura da Matéria - Modelos atômicos	- Modelo contemporâneo do átomo; - Experiências propostas para descobertas das partículas atômicas e subatômicas; - Atividade em grupos – construir um modelo com base na descrição do mesmo	- Quadro de experiências (duplas); - Construção de Modelos atômicos (equipes);

FONTE: Autoria Própria

A organização desses conhecimentos prévios utilizando um recurso didático é importante, principalmente para observar as coerências, a cronologia histórica, as relações que existem entre um modelo e outro. A opção por mapas conceituais enriquece o processo pois proporciona essa visualização geral, no entanto outras formas de representação também são opções como o caso dos diagramas.

4. EFEITO FOTOELÉTRICO

Os livros didáticos disponibilizados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) apresentam tópicos de Física Moderna e Contemporânea, como os professores de Física têm autonomia na escolha, vale fazer uma análise e buscar aquele livro que viabilize uma forma contextualizada destes tópicos pois o material servirá de apoio para os professores. |O estudo dos modelos atômicos, radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, relatividade, entre outros, são importantes para a construção do conhecimento científico na formação básica dos estudantes.

Dentre os vários tópicos da Física Moderna e Contemporânea que podem e devem ser abordados no ensino médio, destacou-se nesse trabalho o Efeito Fotoelétrico, escolhido como temática central pela sua importância histórica para a ciência do século XX, e também por possibilitar a sua associação ao funcionamento de diferentes dispositivos eletrônicos presentes no dia a dia dos estudantes e que passa despercebido, por não se valorizar a origem científica da tecnologia aplicada. Sendo assim, os conhecimentos da Física Moderna são essenciais para compreensão da sociedade atual.

4.1 Reconstrução Histórica do Efeito Fotoelétrico

O conceito de efeito fotoelétrico é apresentado como uma introdução aos estudos da Física Quântica, o que se justifica pelos importantes conceitos agregados. A revisão histórica da construção dessa teoria revela algumas distorções e algumas curiosidades na apresentação de alguns conceitos que são importantes e muitas vezes passam despercebidos. Podemos evidenciar quatro pontos importantes resumidos por Klassen, S. (2011, p.721): (1) as primeiras observações do fenômeno realizadas por Hertz; (2) As experiências de Thomson e Lenard acerca da natureza das cargas negativas; (3) O papel fundamental de Einstein e os “quanta de luz”; (4) Millikan e Compton: rejeição e aceitação da teoria de Einstein;

Quando Maxwell propôs uma unificação para as teorias da natureza magnética e elétrica e formulou suas equações, havia ainda a necessidade de uma comprovação experimental. Assim, Heinrich Hertz começou a investigar se a propagação eletromagnética ocorria a distância ou não e percebeu uma relação entre a eletricidade e os raios catódicos. Hertz produzia pequenas descargas elétricas, denominada por ele como sparks (MANGILI, A.I., 2012, p. 41), e observou que durante o experimento havia uma descarga secundária e lateral. Durante os experimentos um novo fenômeno chamou a atenção de Hertz, que era a geração de sparks simultâneas. Confirmou em suas investigações que o efeito estranho era influenciado pela luz, porém, como não era o foco de sua tese, não deu continuidade a esta ideia, que seria mais tarde conhecida como efeito fotoelétrico.

As experiências que investigavam as propriedades elétricas da matéria, levaram Thomson, em suas experimentações com os raios catódicos a detectar as cargas negativas. Assim como Hertz desenvolveu seus trabalhos em continuidade as experimentações Thomson, Lenard continuou os estudos de Hertz e concluiu que os raios catódicos causavam fluorescência, podiam ser desviados por um metal magnetizado e não mudavam suas características quando fora do tubo (KLASSEN, S. 2011, p 728). As pesquisas de Thomson, Hertz e Lenard foram fundamentais para a descoberta dos raios-x.

Einstein propôs uma teoria audaciosa para explicar o efeito fotoelétrico com base nas ideias de quantização da energia, onde considerava a radiação eletromagnética como “grãos” denominados de quanta de energia. Esta proposta heurística ainda era contestada, mesmo com o Prêmio Nobel dedicado a Einstein por sua elucidação teórica dos experimentos de Hertz, necessitava de uma explicação experimental.

Millikan, que defendia a luz como ondulatória, buscava contestar a hipótese de Einstein, assim desenvolveu experiências e estabeleceu a expressão linear para o efeito fotoelétrico de Einstein. Em 1926, cinco anos depois do Prêmio Nobel concedido a Einstein pelo efeito fotoelétrico, que a teoria corpuscular passa a ser aceita pela comunidade científica com base da teoria do efeito Compton, que fez previsões sobre os comprimentos de onda dos fótons e as testou experimentalmente.

4.2 Reconstrução Científica do Efeito Fotoelétrico

As primeiras evidências experimentais do Efeito Fotoelétrico foram detectadas por Heinrich Hertz, em 1887 e explicadas por Albert Einstein em 1905. Frequentemente, Alexander G. Stoletov, físico Russo, é citado como sendo o primeiro observador desse efeito. (ROCHA, L.F. 2002, p. 243). Hertz, ao realizar experiências de descarga elétrica entre eletrodos, observou que uma faísca proveniente de uma superfície gerava uma faísca secundária na outra superfície. Ao construir uma proteção sobre o aparato, na tentativa de visualizar melhor o fenômeno, ocorreu uma diminuição da faísca secundária (MANGILI, 2012, p. 45).

A figura 1 (MANGILI, 2012, p. 41) é um esquema que representa o experimento elaborado por Hertz, que consistia em um gerador de correntes (garrafa de Leyden), um circuito aberto ligado a esse gerador e ligado a duas placas.

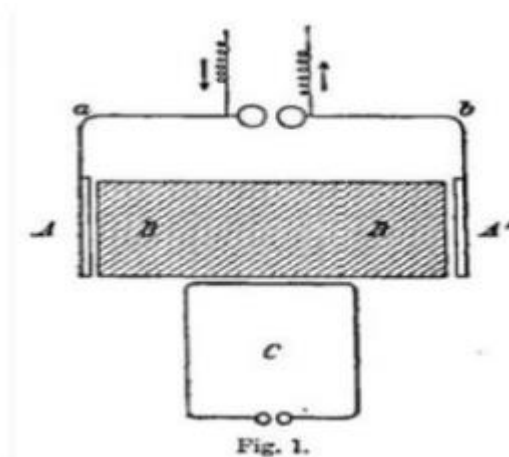


Figura 1: Circuito utilizado por Hertz para produzir sparks

Segundo Hertz:

O plano que eu adotei foi o seguinte: O condutor primário tinha a forma demonstrada na figura 1; entre as placas A e A', em seu fim, era introduzido um bloco BB de enxofre ou parafina e esse era rapidamente removido. Eu coloquei o condutor secundário C nessa mesma posição, em relação ao primário, como antes (a única posição que eu tinha levado em consideração) e esperei que quando o bloco estivesse no local, sparks muito fortes apareceriam no circuito secundário, e que quando o bloco fosse retirado teríamos somente poucas sparks. (HERTZ, H. 1896, apud MANGILI, 2012, p. 42).

Hertz esperava que a intensidade das sparks fosse diferente quando diversos meios eram colocados entre os eletrodos, mas isso não se demonstrava durante o experimento, dependendo da posição dos circuitos. Percebeu então que esta descarga tinha mais facilidade de ocorrer quando um dos eletrodos era iluminado por radiação eletromagnética com frequências na faixa do ultravioleta. A figura 2 (STEFANOVITS, A. 2013, p. 248) representa o efeito fotoelétrico decorrente da ação do campo elétrico sobre os elétrons emitidos, estabelecendo uma corrente elétrica mensurável.

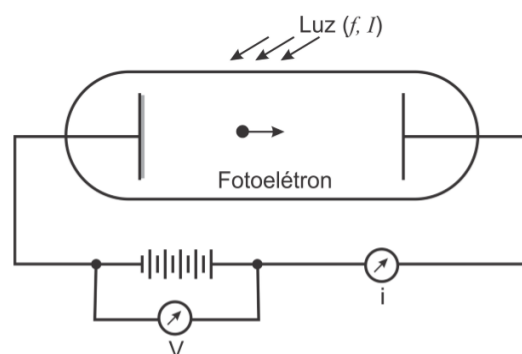


Figura 2: Experimento semelhante ao usado para estudar o Efeito Fotoelétrico

Hertz ainda constatou em seus experimentos que o fenômeno não poderia ser basicamente eletrostático, por não ser influenciado pela proteção do experimento, o qual poderia ser condutor ou isolante. Sua conclusão então foi de que a luz era capaz de gerar faíscas devido à incidência de luz ultravioleta. Com base nos trabalhos de Hertz, Wilhelm Sallwachs em 1888, demonstrou que quando corpos metálicos eram irradiados com luz ultravioleta adquiriam carga positiva, esta observação ocorreu mesmo antes do elétron ser detectado, o que ocorreu em 1897. Buscando uma explicação para esse fenômeno, Lenard e Wolf sugeriram que a luz ultravioleta faria com que partículas do metal deixassem a superfície do mesmo.

Thomson, em 1897, demonstrou experimentalmente que o valor da quantidade de carga das partículas que eram emitidas no efeito fotoelétrico era o mesmo valor para os elétrons associados aos raios catódicos. Com esta observação postulou que o efeito fotoelétrico consistia na emissão de elétrons. Em 1903, Lenard estudou o efeito fotoelétrico utilizando como fonte luminosa um arco de carbono, e variando a intensidade da luz provou que a energia dos elétrons emitidos não apresentava a menor dependência da intensidade da luz, e em 1904 mostrou que a energia do elétron era proporcional à frequência da luz.

Em 1905 Einstein propôs uma explicação para o fenômeno, sugerindo que a radiação eletromagnética era granular onde os grânulos eram denominados de quanta de energia. Um quantum de energia corresponde a uma quantidade de energia $E=hf$, onde h é uma constante universal conhecida como constante de Planck. Assim, com a comprovação experimental feita por R. A. Millikan em 1915, a teoria de Einstein recebeu o prêmio Nobel de Física em 1921, pela explicação do Efeito Fotoelétrico. (KLASSEN, S. 2011, p. 727).

Diante dessa abordagem a radiação eletromagnética passou a ser compreendida não só pelo seu caráter ondulatório, mas também pelo caráter corpuscular. A teoria ondulatória ainda previa que houvesse um pequeno intervalo de tempo entre a incidência da luz e a emissão dos elétrons. Quando a luz incidente tem baixa intensidade o elétron acumula energia de vibração antes de se desprender da placa, porém, esse intervalo de tempo nunca foi observado.

A descoberta do Efeito Fotoelétrico tornou possível a construção de aparelhos dotados de células fotoelétricas, onde a energia de radiação é transformada em corrente elétrica. Assim, temos em nosso cotidiano muitos dispositivos que funcionam com base nesse efeito, por exemplo: os sensores que comandam a abertura automática de portas de lojas comerciais, que ativam um sistema de iluminação, que permitem o funcionamento de calculadoras sem o uso de pilhas, que transformam a energia do Sol em energia elétrica, entre outros.

4.3 O Efeito Fotoelétrico na perspectiva HCTS

O quadro abaixo apresenta um planejamento de ensino, baseado na proposta HCTS, para o estudo do Efeito Fotoelétrico. Este é um plano geral, com o objetivo de organizar o conteúdo a ser trabalhado, bem como delimitar os assuntos por um objetivo geral. O plano de trabalho docente não apresenta aula por aula, mas sim, uma relação geral para ser trabalhada em seis aulas. Dependendo do andamento e de alguma eventualidade, o número de aulas acaba sendo maior. Isso ocorre também quando se verifica entre os alunos alguma dificuldade maior em compreender algum conceito trabalho, o processo de ensino e aprendizagem requer que a análise avaliativa seja constante, e que a intervenção ocorra se necessário.

De acordo com a proposta apresentada, a descrição do conteúdo que será abordado em cada plano é muito importante, pois dependendo do assunto proposto as abordagens quanto ao contexto HCTS serão diferentes. Como a proposta metodológica nesse contexto não é linear, cabe ao professor, dependendo do assunto abordado, organizar os tópicos de forma que os conteúdos sejam alcançados em sua amplitude máxima. O quadro 6 apresenta um plano de aula para o estudo dos conceitos da Física Moderna para o entendimento do Efeito Fotoelétrico.

Nessa perspectiva, o professor deve pensar no conteúdo de modo que o aluno seja levado a relacionar as teorias, as equações, as aplicações práticas e como esse processo contempla a sociedade, em quais aspectos houve melhorias e em que sentido o desenvolvimento da ciência e da tecnologia pode ter aspectos negativos. É possível elencar em cada item questões que contemplem esses aspectos. Ao se referir a uma abordagem contextualizada do ensino de ciências, Mathews (1995, p. 166), defende que a educação em ciências contemple seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico; redimensionando o argumento de que o ensino de ciências deveria ser, simultaneamente, em e sobre ciências.

Quadro 6: Plano de trabalho docente para o efeito fotoelétrico

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL AGRÍCOLA GETÚLIO VARGAS - 2016		
DISCIPLINA: FÍSICA		SÉRIE: 3A / 3B
PROFESSOR: ANDRÉIA HORNES		CURSO: TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO
UNIDADE TEMÁTICA: Física Moderna e Contemporânea		8 a 12 aulas
CONTEÚDO: Efeito Fotoelétrico		
OBJETIVO GERAL: Estudar o efeito fotoelétrico em sua dimensão histórica e científica, bem como suas aplicações tecnológicas e seu impacto para a sociedade;		
PERSPECTIVA	ASPECTO	<ul style="list-style-type: none"> - Experimentos e esboços realizados por Hertz; - Albert Einstein e o prêmio Nobel; - Principais investigações no final do século XIX e início do

	HISTÓRICO	século XX; -Contexto da época: religião, política, economia do período
	ASPECTO CIENTÍFICO	- Efeito fotoelétrico: pacotes de energia; - Conceitos, fórmulas, definições, equações;
	ASPECTO TECNOLÓGICO	- Células fotoemissivas (efeito fotoelétrico); Células fotovoltaicas; Células fotocondutivas; - Aparelhos dotados de células fotoelétricas: aparelhos que permitem abrir ou fechar portas, torneiras; acender ou desligar iluminação; interromper o funcionamento de máquinas, etc. - Experimentações
	ASPECTO SOCIAL	- Conhece equipamentos como descrito? - Onde são encontrados? - Quais os benefícios que esses equipamentos podem trazer? - Quais as pessoas que tem mais acesso a essa tecnologia?
DESENVOLVIMENTO	CONTEÚDO DA AULA	- Efeito fotoelétrico
	OBJETIVO ESPECÍFICO	- Realizar leituras e discussões sobre a temática; Pesquisar temas relacionados; Responder questões e problemas; Fazer experimentações;
	ESTRATÉGIAS DE ENSINO	- Exposição oral; - Leitura e pesquisa dirigida; - Atividade Experimental; - Resolução de questões e problemas;
	RECURSOS DIDÁTICOS	- Textos; - Material de baixo custo; - Datashow; - Resultados das pesquisas;
	AVALIAÇÃO ESPECÍFICA (OPTATIVA)	- Discussão das leituras; - Conclusão dos experimentos; - Respostas da resolução das questões e problemas; Textos das pesquisas;
	AVALIAÇÃO GERAL	Avaliação com questões descritivas, interpretativas e de múltipla escolha;
REFERÊNCIAS - Livros didáticos; artigos científicos; sites de física e tecnologia;		

O quadro 7 sugere uma sequência didática. O seu desenvolvimento parte do diálogo e da investigação acerca do que os alunos conhecem sobre o tema, no caso do efeito fotoelétrico, parte-se de fatos do cotidiano como exemplos para então interferir e inserir novos conceitos ou conceitos complementares.

Quadro 7: Sequência Didática

Aula	Objetivos	Conteúdos	Desenvolvimento	Avaliação
1	- Identificar conceitos prévios (ponto de partida);	Tópicos da Física Moderna e Contemporânea	Apresentação do projeto; aplicação do questionário investigativo;	Questionário

		(FMC)		
2	<ul style="list-style-type: none"> - Expor situações do cotidiano (vídeos) que envolvam tecnologias com base em células fotoelétricas - Levantar questões acerca de como essas situações são possíveis 	Efeito Fotoelétrico	<ul style="list-style-type: none"> - Reproduzir pequenos vídeos que mostrem portas, torneiras, luzes automáticas em funcionamento - Levantar questões a respeito de como funcionam essas tecnologias e como tornam práticas a vida das pessoas e promover o debate - Conduzir a discussão do conteúdo com base no debate 	- Questões
3	- Estudar a teoria de Planck	Planck	<ul style="list-style-type: none"> - Leitura de texto científico; - Questões; 	- Questões
4	- Evidenciar as propriedades ondulatória e corpuscular da luz	Dualidade onda-partícula	<ul style="list-style-type: none"> - Leitura de texto científico; - Questões; 	- Questões
5 e 6	<ul style="list-style-type: none"> - Estudar o efeito fotoelétrico em seu contexto histórico, delineando a trajetória de sua teorização; - Descrever cientificamente as variáveis envolvidas, conceitos e equações; 	Efeito Fotoelétrico	- Com base nas questões anteriores apresentar o conteúdo sobre efeito fotoelétrico com a fundamentação histórica, partindo das descobertas de Hertz;	- Resumo vídeos
7 e 8	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar os fundamentos tecnológicos nos experimentos simulados - Destacar a importância das experimentações na formulação das teorias 	Efeito Fotoelétrico	- Com o uso de simuladores virtuais verificar os experimentos que levaram a construção do conceito de efeito fotoelétrico;	- Quadro explicativo - experiências;
9 e 10	<ul style="list-style-type: none"> - Assimilar a importância dos conceitos estudados; - Reproduzir experiências simples com células fotoelétricas; 	Efeito Fotoelétrico	- Realizar experiências simples que envolvem efeito fotoelétrico: calculadora e controle remoto;	- Procediment o experimental – questões
11 e 12	- Detectar indícios da aprendizagem acerca da temática estudada	Efeito Fotoelétrico	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar os trabalhos (modelos) desenvolvidos pela equipe; - Questões avaliativas 	- Avaliação final

FONTE: Autoria própria

Quando se propõe um meio didático para se observar uma aprendizagem significativa, é importante ter em mente que o novo conhecimento deverá se incorporar a um conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aluno. A busca dessa relação acontece durante a investigação, apresentado na seção anterior, cujo instrumento utilizado foi um questionário, o qual levou a identificar alguns pontos importantes na elaboração da sequência. Segundo Moreira (2012) para a aprendizagem significativa acontecer, deve-se respeitar algumas condições de aprendizagem: que o material utilizado é potencialmente significativo e que o educando apresente predisposição para a aprendizagem.

5. REFERÊNCIAS

ANGOTTI, J. A. P. AUTH, M. A. Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da Educação. *Ciência & Educação*, v.7, n.1, p.15-27, 2001

ANGOTTI, J. P. Ensino de Física com TDIC. Publicação UFSC, livre e aberta, 2015

BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: e o contexto da educação tecnológica. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.

BAZZO, W. A. COLOMBO, C. R. Educação tecnológica contextualizada: ferramenta essencial para o desenvolvimento social brasileiro. *Revista de Ensino de Engenharia*, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 9-16, 2001.

BAZZO, W. A., PALACIOS, E.M.G., GALBARTE, J.C.G.; VON LINSINGEN, I.; CEREZO, J.A.L.; LUJÁN, J.L.; GODILLO, M.M.; OSORIO, C.; PEREIRA, L.T.V.; VALDÉS, C. Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Madri: OEI, 2003. Cultura científica versus humanística: a CTS é o elo? *Revista Iberoamericana de educación*, Madri, n.58, p. 61-79, 2012.

BELENS, AJ. PORTO, C.M. Ciência e tecnologia, uma abordagem histórica na sociedade da informação. In PORTO, CM., org. *Difusão e cultura científica: alguns recortes* [online]. Salvador: EDUFBA, 2009. pp. 23-43.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: MEC/Semtec, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *PCN Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais– Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*. Brasília: MEC/SEB, 2006.

- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: alfabetização em foco: projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares: ano 03, unidade 06 / Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. - Brasília: MEC, SEB, 2012. 47 p.
- BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação. Brasília, 1999.
- CHASSOT, A. A ciência através dos tempos, São Paulo: Moderna, 2004.
- CHASSOT, A. A Ciência Através dos Tempos. São Paulo: Moderna, 1995. 191 p. (Coleção Polêmica). il.; mapas. ISBN 85-16-01095-3.
- HORNES, A., SANTOS, S. A. A Termodinâmica em seu Contexto Histórico: Evolução Científica e Tecnológica e seus impactos na Sociedade. Encontro Estadual de Ensino de Física. 6. Atas. 2015, Porto Alegre, RS.
- HORNES, A., SANTOS, S. A. O Ensino da Física no Contexto da História, Ciência, Tecnologia e Sociedade (HCTS) – uma Proposta Para a Aprendizagem Significativa. Seminário Nacional de Mestrados Profissionais. 2. 2016. Salvador, BA.
- KLASSEN, S. The Photoelectric Effect: Reconstructing the Story for the Physics Classroom. *Science & Education*, (2011) 20:719–731
- MANGILI, A.I. Heinrich Rudolph Hertz e a “descoberta” do efeito fotoelétrico: Um exemplo dos cuidados que devemos ter ao utilizar a história da ciência na sala de aula. Volume 6, 2012 – pp. 32-48 *Revista História da Ciência e Ensino*.
- MARTINS, L. A. P. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. *Revista Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005
- MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez., 1995.
- MEC, Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Básica – Brasília: Ministério da Educação, Secretária da Educação Básica, 2008. 135 p. (Orientações Curriculares para o Ensino Médio; volume 2)
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000. Publicada nas Atas desse Encontro, pp. 33- 45.
- MOREIRA, M. A. ¿Al final qué es aprendizaje significativo? *Revista Currículum, La Laguna*, 25: 29-56. 2012.

MELEIRO, A. GIORDAN, M. Hipermídia e Modelos Atômicos. Química Nova na Escola, nº 10, Novembro, 1999.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. DCE - Diretrizes curriculares: da educação fundamental da rede de educação básica do estado do Paraná, ensino médio, Física. Curitiba: SEED. 2006.

ROCHA, J. F. (Org.) Origens e evolução das ideias da física. Salvador: Edufra, 2002.

STEFANOVITS, A. Ser Protagonista. Física, 3º ano: ensino médio/obra coletiva. São Paulo: Edições SM, 2013.

SOUZA, V. C. A. JUSTI, R. S. FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. Investigações em Ensino de Ciências – V11(1), pp. 7-28, 2006

TIPLER, P. Física para cientistas e engenheiros, Vol. 4: Óptica e Física Moderna. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora SA. Rio de Janeiro, p-459. 1995.

6. ANEXOS

- Vídeos e Simulações

Efeito fotoelétrico: aplicação em porta de *Shopping*

Descrição	Esse vídeo é bem curtinho, simples, e representa uma aplicação tecnológica do efeito fotoelétrico. Desperta a curiosidade e o interesse dos alunos podendo ser utilizado como um organizador prévio para a primeira etapa da aula.
Link	https://www.youtube.com/watch?v=ubT4fYLqPel

Efeito fotoelétrico: demonstração e explicação

Descrição	Descreve o efeito fotoelétrico com uma breve explicação histórica mas evidencia bem a importância desse fenômeno. É bem explicado, de forma fácil de compreender e foi utilizado nas aulas 5 e 6 da sequência
Link	https://www.youtube.com/watch?v=vBBpcJofj0

7. APÊNDICE

- QUESTIONÁRIO



CEEPAGV- Centro Estadual de Educação Profissional Agrícola Getúlio Vargas

Aluno: _____ n° _____

Prof.: Andréia Hornes

Disciplina: Física

Data: _____

Curso: _____

Série: _____

Bimestre: _____

Avaliação

Valor: _____

Nota: _____

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

1) Desde a antiguidade se busca pela compreensão da origem de “tudo”, assim, os questionamentos a respeito da classificação da natureza em grupos remete a uma separação entre os seres vivos e não vivos. Quanto a estrutura da matéria desses grupos relacione V para verdadeiro e F para falso:

() Não existe nenhuma relação entre os componentes básicos dos seres vivos e dos seres não vivos.

() O seres vivos são compostos por átomos que morrem, enquanto que nos seres inanimados os átomos não morrem.

() Os átomos que compões os seres vivos só adquirem vida depois que são gerados, enquanto que nos objetos esses átomos nunca possuirão vida.

() Todos os seres, vivos ou não vivos, são constituídos basicamente por átomos.

() Seres vivos são compostos por células e por moléculas, que por sua vez correspondem a um aglomerado de átomos. Já os seres inanimados são formados por átomos de forma ordenada ou não, formando o que chamamos de redes cristalinas.

A relação correta é:

QUESTIONÁRIO (PRÉ E PÓS – TESTE)

a) V, V, F, F, V

b) F, V, V, V, F

c) V, F, F, F, V

d) V, F, V, F, V

e) F, F, F, V, V

2) Antes ainda da confirmação da existência de átomos, outro fenômeno foi identificado no interior da matéria. O fenômeno identificado como radiatividade natural revelava a existência de três tipos de emissões radiativas. Novas investigações acerca da matéria foram possibilitadas e concluiu-se que as cargas positivas dos átomos concentravam quase toda a amassa atômica, num núcleo central, pequeno e compacto. Com base nessas constatações, qual foi a explicação dada para a estabilidade do núcleo atômico?

a) a igualdade do número de prótons e de elétrons

b) a ação da força gravitacional entre os nêutrons

c) a ação de uma força de natureza atrativa

d) a ação da força elétrica entre as cargas elétricas

e) ser muito pequeno e denso.

3) As experiências com descargas elétricas foram fundamentais para o progresso das novas tecnologias, o aperfeiçoamento dos tubos de raios catódicos evidenciou ainda mais esse progresso, sendo a base de funcionamento de um dos aparelhos mais populares do mundo: a televisão. Sendo assim, analise as afirmações a seguir e indique a alternativa correta

I. Thomsom foi o cientista que demonstrou que os raios catódicos eram formados por elétrons

II Oersted, Ampere, Faraday e Arrhenius contribuíram, com seus estudos, para uma concepção de átomo, em que este é constituído de partículas elétricas

III. uma das aplicações resultantes das experiências envolvendo o tubo de raios catódicos foi o aparelho de TV de plasma

- a) Somente I é verdadeira
- b) Somente III é verdadeira
- c) I e II são verdadeiras
- d) II e III são verdadeiras
- e) Nenhuma é verdadeira

4) Além do interesse sobre a constituição da matéria, a luz também era e ainda é objeto de estudo de muitos físicos, principalmente do modo como podemos aplicar este conhecimento. No início, várias teorias sobre sua natureza e seu comportamento foram levantadas, porém duas prevaleceram e tornaram-se as mais relevantes neste cenário. Enquanto uma teoria entendia a luz como partícula, a outra a vê como uma onda. Nesse contexto, ganham destaque duas teorias: Newton, defendendo a teoria corpuscular e Huygens em defesa da teoria ondulatória. Considerando suas explicações para as diferentes cores e sobre a velocidade da luz, é correto que:

() para Newton, cada cor correspondia a um corpúsculo diferente, enquanto para Huygens, cada cor está associada a um só tipo de corpúsculo e que por vibrar com diferentes velocidades, tinham cores bem definidas.

() tanto para Newton quanto para Huygens, a velocidade da luz e sua cor não mudava ao atravessar um meio.

() enquanto Newton associa a cor a diferentes tipos de corpúsculos, Huygens a vê como ondas de diferentes comprimentos.

() Para Newton, a velocidade da luz aumenta quando passa de um meio mais denso para outro menos denso, para Huygens sua velocidade não muda.

() Tanto para Newton quanto para Huygens a velocidade da luz, ao passar de um meio mais denso para outro menos denso, muda. Enquanto para Newton essa velocidade diminui, para Huygens ela aumenta.

- a) V, V, F, F, V
- b) F, V, V, V, F
- c) V, F, F, F, V
- d) V, F, V, F, V
- e) F, F, V, F, F

5) Para se ter entendimento básico das aplicações da ciência e da tecnologia em nosso mundo moderno, podemos relacionar as ondas eletromagnéticas a algumas aplicações importantes. Alguns exemplos são apresentados no quadro abaixo. Relacione os itens da coluna 1 com os da coluna 2, a seguir e assinale a opção correta: (Observação: apenas 4 componentes da Coluna I deverão ser relacionados com a Coluna II)

Coluna I: Onda eletromagnética	Coluna II: Exemplo de aplicação
1. Onda de rádio	A. terapia pelo calor
2. Infravermelho	B. tratamento do câncer
3. Luz visível	C. comunicação navio para terra
4. Raios X	D. fotossíntese
5. Raios Gama	
6. Raios Cósmicos	

A relação correta é a:

- a) 1C, 2A, 3D, 5B
- b) 1C, 2B, 3D, 4A
- c) 2A, 4B, 5C, 6D
- d) 1A, 2B, 3C, 6D
- e) 2B, 4C, 5A, 6D

6) De acordo com a teoria formulada em 1900 pelo físico alemão Max Planck, a solução quântica de Planck para o problema da relação entre temperatura e cor da luz emitida pelos fornos trouxe indícios sobre o fracionamento, em valores discretos, da energia luminosa e das ondas eletromagnéticas, mas não para seu caráter corpuscular. Assim: a matéria emite ou absorve energia eletromagnética de maneira emitindo ou absorvendo, cuja energia é proporcional à da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia."

Assinale a alternativa que, pela ordem, preenche corretamente as lacunas:

- a) contínua - quanta - amplitude
- b) descontínua - prótons - frequência
- c) descontínua - fótons - frequência
- d) contínua - elétrons - intensidade
- e) contínua - nêutrons - amplitude

7) Considerando a natureza dual da luz, de acordo com o fenômeno observado, ela pode assumir um caráter corpuscular em alguns casos e ondulatório em outros. Assim, classifique cada fenômeno abaixo como sendo característico de um comportamento corpuscular (C), ondulatório (O):

- 1. () Efeito Compton
- 2. () Refração
- 3. () Efeito fotoelétrico
- 4. () Polarização
- 5. () Interferência
- 6. () Reflexão
- 7. () Difração
- 8. () Produção de pares

Os fenômenos que apresentam comportamento corpuscular são:

- a) 1, 2 e 7
- b) 1, 5 e 8
- c) 1, 3 e 8
- d) 6, 7 e 8
- e) 4, 5 e 7

8) Sobre uma placa de um material desconhecido é incidido em momentos diferentes um feixe de

luz na faixa do comprimento de onda da luz vermelha, azul, verde e amarela. Em todos os casos foi detectado, através de um voltímetro, uma diferença de potencial (voltagem) nessa placa devido ao fenômeno conhecido como efeito fotoelétrico. Considerando que $f_{\text{vermelha}} < f_{\text{amarela}} < f_{\text{verde}} < f_{\text{azul}}$, e que todos os feixes foram emitidos com radiação de mesma energia $E_n = n \cdot h \cdot f$, a maior e menor alteração de voltagem observada foram respectivamente para as cores:

- a) amarela e verde, pois $n_{\text{amarelo}} > n_{\text{verde}}$
- b) azul e amarela, pois $n_{\text{azul}} < n_{\text{amarelo}}$
- c) verde e vermelha, pois $n_{\text{verde}} < n_{\text{vermelha}}$
- d) azul e verde, pois $n_{\text{azul}} > n_{\text{verde}}$
- e) vermelha e azul, pois $n_{\text{vermelha}} > n_{\text{azul}}$

9) Na passagem do século XIX para o século XX, várias questões e fenômenos que eram temas de discussão e pesquisa começaram a ser esclarecidos graças a ideias que, mais tarde, viriam a construir a área da Física hoje conhecida como Mecânica Quântica. Na primeira coluna da tabela abaixo, estão listados três desses temas; na segunda, equações fundamentais relacionadas às soluções encontradas. Assinale a alternativa que associa corretamente os temas apontados na primeira coluna às respectivas equações, listadas na segunda coluna.

Temas	Equações
1 - Radiação do corpo negro	(a) $\lambda = h/p$ Postulado de Louis de Broglie
2 - Efeito fotoelétrico	(b) $P = \sigma ST^4$ Lei de Stefan-Boltzmann
3 - Ondas de matéria	(c) $K = hf - W$ Relação de Einstein

- a) 1(a) - 2(b) - 3(c)
- b) 1(a) - 2(c) - 3(b)
- c) 1(b) - 2(c) - 3(a)
- d) 1(b) - 2(a) - 3(c)
- e) 1(c) - 2(b) - 3(a)

10) O ano de 1905 é conhecido como o "ano miraculoso" de Albert Einstein, devido à publicação de uma série de trabalhos científicos revolucionários de sua autoria. Esses trabalhos, compostos pela teoria da relatividade especial, teoria do movimento browniano, efeito fotoelétrico e equivalência massa-energia tiveram impacto

crítico no entendimento da natureza e no desenvolvimento de novas tecnologias. O efeito fotoelétrico em particular tem aplicações importantes, como em fotocélulas, projetores cinematográficos, etc. A respeito do efeito fotoelétrico, assinale as afirmativas a seguir com verdadeira (V) ou falsa (F).

(V) O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por uma placa metálica, em decorrência da incidência de radiação.

(V) De acordo com a teoria de Einstein, a radiação que incide sobre a matéria exibe características

corpusculares.

(F) A radiação é quantizada na forma de fótons, que transportam uma quantidade de energia

proporcional à amplitude da onda incidente.

a) V – F – V

b) F – V – V

c) V – V – F

d) V – F – F

e) F – F – V

11) Descoberto independentemente pelo russo Alexandre Stoletov, em 1872, e pelo alemão Heinrich Hertz, em 1887, o efeito fotoelétrico tem atualmente várias aplicações tecnológicas principalmente na automação eletromecânica, tais como: portas automáticas, dispositivos de segurança de máquinas e controle de iluminação. Fundamentalmente, o efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por superfícies metálicas quando iluminadas por radiação eletromagnética. Analise as características observadas experimentalmente, e indique verdadeiras (V) ou Falsa (F):

I. () Por menor que seja a intensidade da radiação causadora do fenômeno, o intervalo de tempo entre a incidência da radiação e o aparecimento da corrente gerada pelos elétrons emitidos é totalmente desprezível, isto é, o efeito é praticamente instantâneo.

II. () Para cada superfície metálica específica, existe uma frequência mínima, chamada “frequência de corte”, a partir da qual se verifica o fenômeno.

III. () Se a frequência da radiação incidente está abaixo da frequência de corte, mesmo aumentando sua intensidade, não se verifica o fenômeno. Por outro lado, para frequências da radiação incidente acima da frequência de corte, o fenômeno se verifica para qualquer intensidade.

Assinale a opção correta:

a) Somente I verdadeira

b) I e II verdadeiras

c) II e III verdadeiras

d) Todas verdadeiras

e) Todas falsas

12) Alguns experimentos foram fundamentais para justificar a existência de partículas subatômicas, entre eles, o das descargas elétricas em gases rarefeitos. Diante dos resultados obtidos haviam algumas divergências entre os cientistas, onde os raios observados seriam tratados como onda ou como partícula. Entretanto, as experiências levaram definição de outros aspectos e conclusões paralelas que foram muito importantes para a ciência. Analise as afirmações abaixo e indique a opção correta:

I – Em 1913, o físico norte-americano Robert Andrews Millikan, em seu experimento de gotas de óleo eletrizadas, determinou, com grande precisão, o valor da carga elementar do elétron.

II - O efeito Compton demonstra que a radiação tem comportamento corpuscular.

III - Uma descarga elétrica num gás é capaz de ionizá-lo tornando-o condutor de eletricidade.

a) somente a afirmação I é correta

b) somente as afirmações I e II são corretas

c) somente as afirmações II e III são corretas

d) somente as afirmações I e III são corretas

e) todas as afirmações são corretas.

13) O fenômeno físico responsável pelo funcionamento dos sensores CCD, presentes nas primeiras e em muitas das atuais câmeras digitais, é similar ao efeito fotoelétrico. Ao incidirem sobre um cristal de silício, os fótons transferem a sua energia aos elétrons que se encontram na banda de valência, que são “promovidos” para os níveis de energia que se encontram na banda de condução. O excesso de

carga transferido para a banda de condução é então drenado por um potencial elétrico aplicado sobre o dispositivo, produzindo um sinal proporcional à intensidade da luz incidente. A energia transferida aos elétrons pelos fótons, nesse processo, é proporcional à _____ da radiação incidente. Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna.

- a) intensidade
- b) frequência
- c) polarização
- d) amplitude
- e) duração

14) Uma das contribuições da Física para o bem-estar e a segurança nas cidades é o constante avanço tecnológico aplicado à iluminação pública. Parte das luminárias do século XIX era acesa manualmente por várias pessoas ao entardecer. Hoje, o acionamento das lâmpadas tornou-se automático devido à aplicação dos conhecimentos acerca do efeito fotoelétrico (descrito por Albert Einstein, em 1905) e ao desenvolvimento das células fotoelétricas instaladas nos postes de iluminação pública, capazes de detectar a presença de luz natural. A respeito do conceito de efeito fotoelétrico, considere as afirmativas a seguir.

- I. Consiste na emissão de elétrons de uma superfície metálica quando esta é iluminada com luz de determinada frequência.
- II. Ocorre independentemente da frequência da luz incidente na superfície do metal, mas é dependente de sua intensidade.
- III. Os elétrons ejetados de uma superfície metálica, devido ao efeito fotoelétrico, possuem energia cinética igual à energia do fóton incidente.
- IV. Por mais intensa que seja a luz incidente, não haverá ejeção de elétrons enquanto sua frequência for menor que a frequência limite (ou de corte) do metal.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.

e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

15. Muitos fenômenos da natureza e grande parte dos artefatos resultantes do desenvolvimento tecnológico atual necessitam, para seu entendimento, do conhecimento dos conceitos da Física Moderna. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

() As concepções de Max Planck sobre os fótons auxiliaram Niels Bohr a definir que os elétrons circulam em torno do núcleo de um átomo, em órbitas semelhantes às órbitas dos planetas em torno do Sol.

() Pela teoria quântica, cada frequência de luz visível tem, associada a ela, pacotes de matéria, também chamados de fótons. A quantidade de matéria carregada em cada um dos fótons caracteriza as diferentes cores de luz visível.

() A emissão de elétrons por determinados corpos, quando banhados por luz, caracteriza o efeito fotoelétrico.

() A dualidade onda-partícula comprova que o mesmo fenômeno luminoso pode ser explicado de duas formas, pela compreensão da luz como uma onda e pela compreensão da luz como uma partícula.

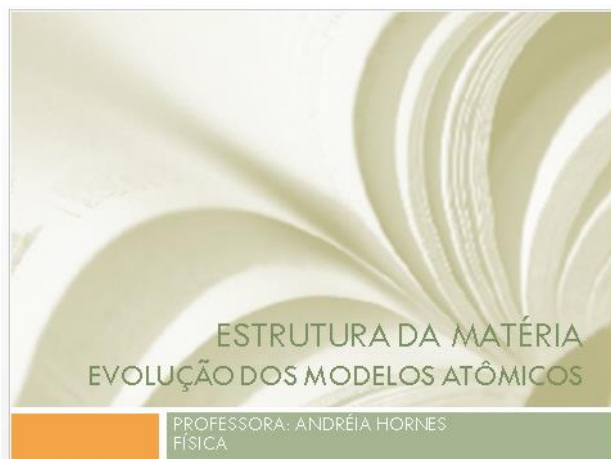
() A fissão nuclear pode ser provocada pelo bombardeamento dos núcleos de átomos de um determinado elemento, por partículas subatômicas com grande energia.

() No feixe de saída de qualquer dispositivo de laser, encontramos tanto radiações gama e micro-ondas, como também radiação infravermelha.

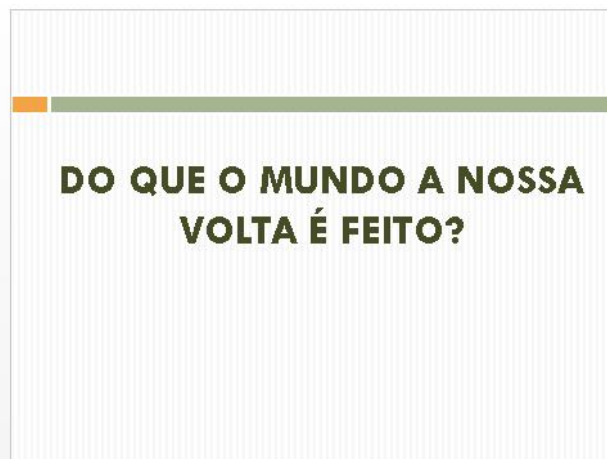
A relação correta é:

- a) V, V, F, F, V, F
- b) V, F, F, F, V, F
- c) F, F, F, V, V, V
- d) V, F, F, V, F, V
- e) F, V, V, V, F, V

- Slides da aula inicial



1



2

DO QUE O MUNDO A NOSSA VOLTA É FEITO?

- Por séculos investiga-se uma resposta a essa questão intrigante
- A ideia inicial era de que elementos simples se misturavam e formavam novos elementos mais complexos
- Esse pensamento perdura por séculos e pode ser classificado em três abordagens: a antiga, a medieval e a moderna

3


DO QUE O MUNDO A NOSSA VOLTA É FEITO?

- A abordagem antiga ocorreu na Grécia, onde pensadores pré-socráticos, aprimoradas posteriormente por Aristóteles (469 AC–399 AC), em que se considerava os elementos simples a Terra, o Fogo, a Água e o Ar, considerando ainda suas qualidades: quente/frio, seco/úmido,



4

DO QUE O MUNDO A NOSSA VOLTA É FEITO?



- A ideia dos quatro elementos persistiu como principal base do pensamento no ocidente até a Idade Média. A Igreja, a Medicina e os Alquimistas (dentre outros) utilizaram e adaptaram as teorias dos antigos gregos

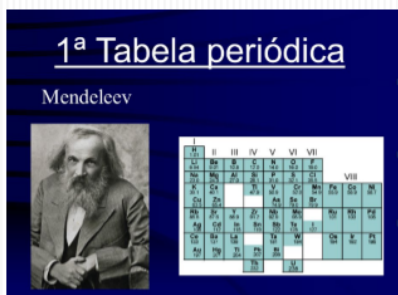
5

DO QUE O MUNDO A NOSSA VOLTA É FEITO?

- Os elementos hoje têm significado diferente. Os quatro elementos e suas qualidades explicam a existência e o comportamento da matéria, enquanto os elementos químicos modernos são fundamentais e, combinados ou misturados, formam toda a matéria que se conhece, e se encontram organizados na tabela periódica.

6

DO QUE O MUNDO A NOSSA VOLTA É FEITO?



7

NATUREZA ATÔMICA DA CIÊNCIA

- Por volta de V a.C. filósofos gregos discutiam, no campo das ideias, a natureza da matéria. Durante séculos foi aceita a teoria dos quatro elementos. Movidos pela curiosidade científica e suportados pelo experimento, ao longo da história, alquimistas e químicos descobriram que os elementos que formavam a matéria eram diferentes dos quatro propostos por Aristóteles. A história levou à redefinição do significado de elementos e os associou aos átomos.

8

Leucipo de Mileto (440 a.C.) & Demócrito (460 a.C. - 370 a.C.)

- A ideia de dividirmos uma porção qualquer de matéria até chegarmos a uma partícula que não possa mais ser dividida, é muito antiga e surgiu na Grécia onde **ÁTOMO** significa não há partes, não divisível.

A = negação; *TOMOS* = parte

9

MODELOS ATÔMICOS

- O QUE SÃO MODELOS?



10

- Textos complementares

TEXTO: A TEORIA DE PLANCK

A Física Quântica

No final do século XIX, acreditava-se que a Física clássica era capaz de explicar todos os fenômenos conhecidos. Segundo alguns cientistas da época, restavam apenas alguns “poucos problemas a resolver”. Contudo, para explicá-los teve que ser complementada por outro corpo teórico, cujos princípios são bem diferentes dos postulados até então. Essas mudanças culminaram no desenvolvimento da Física Quântica, que transformou profundamente os conceitos da época, redefinindo aqueles já estabelecidos para energia, posição e momento.

O Trabalho de Planck

Qualquer corpo, quando aquecido, emite radiação eletromagnética em um espectro contínuo característico, que depende quase somente da temperatura. O gráfico da densidade da radiação emitida em função da frequência, estabelecido por meio de dados experimentais, não condizia com o que era apontado pelas previsões teóricas da Física Clássica. A discrepância entre os dados experimentais e os teóricos ficou conhecida como **problema do corpo negro**. Corpo negro é o nome que se dá a um corpo ideal que absorve toda a radiação incidente sem proporcionar nenhuma reflexão. Esse problema desafiava os físicos havia muito tempo.

No gráfico apenas para grandes comprimentos de onda (pequenas frequências), a curva obtida experimentalmente coincidia com a previsão teórica. Para comprimentos de onda menores, a teoria clássica previa que a densidade de energia tenderia ao infinito, enquanto experimentalmente via-se que, para pequenos comprimentos de onda, a densidade tende a zero. Essa diferença era notável na região do comprimento de onda do ultravioleta e, por isso, a discrepância ficou conhecida como **catástrofe do ultravioleta**.

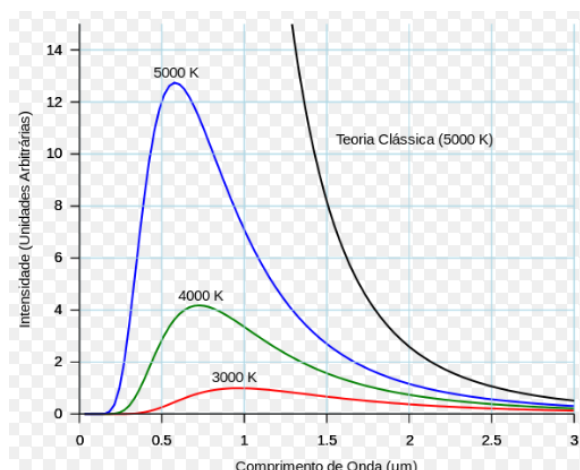


Gráfico da radiação emitida por um corpo aquecido, mostrando os resultados experimentais obtidos na passagem do século XIX para o XX (linhas coloridas) e a previsão teórica da Física Clássica (linha preta). (Stefanovits, 2013, p. 247)

A solução para esse problema foi proposta por Max Planck (1858-1947), em 1900. Modificando algumas equações já conhecidas à época, Planck conseguiu que as curvas teórica e experimental coincidissem. Consideradas meramente matemáticas no início, essas modificações foram responsáveis por significativas alterações na interpretação física de determinados

fenômenos. Para o caso do problema do corpo negro, por exemplo, Planck propôs a seguinte interpretação:

“A matéria emite radiação eletromagnética cuja energia E é proporcional à sua frequência de vibração F , sendo há a constante de proporcionalidade. Matematicamente:

$$E = n.h.f$$

Nessa expressão, h é denominada constante de Planck.”

De acordo com essa interpretação, a matéria só pode absorver ou emitir energia em quantidades discretas e bem determinadas.

Assim, a energia, antes vista como uma grandeza contínua, passou a ser interpretada como uma grandeza que se manifesta em forma de “pacotes” de uma quantidade bem definida, a qual foi chamada quantum (do latim, “porção de algo”)

A solução dada por Planck para o problema do corpo negro é considerada o ponto de partida da história da Física Quântica.

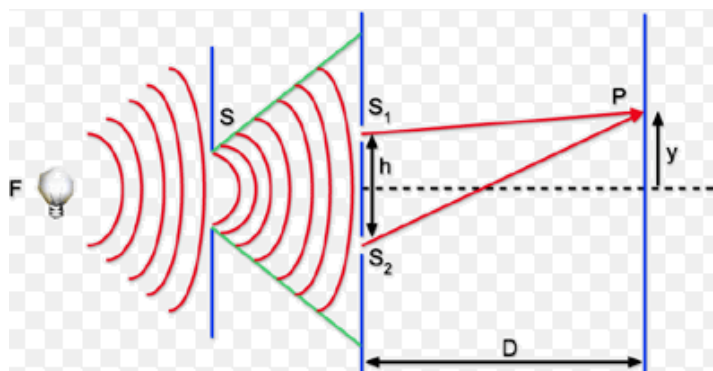
Louis de Broglie (1892-1987) contribuiu de maneira significativa para a elaboração da Física Quântica, ao fazer proposições teóricas sobre o comportamento da matéria. Ele propôs que, se a luz, que era entendida como onda, podia apresentar também um comportamento de partícula, então o elétron, que era uma partícula, poderia também apresentar comportamento de onda. Em 1923 apresentou sua hipótese, na qual propunha uma equação que permite calcular o comprimento de onda do elétron:

$$\lambda = h/Q = h/(m.v)$$

em que λ é o comprimento de onda do elétron, h é a constante de Planck, Q é a quantidade de movimento do elétron, m é sua massa e v é sua velocidade.

Além disso, de Broglie postulou que a frequência f de cada onda de matéria pode ser calculada pela expressão $f = E/h$, em que E é a energia e h é a constante de Planck.

A comprovação experimental da teoria de De Broglie foi obtida em 1927, tendo por base o experimento da dupla fenda para a radiação eletromagnética realizado por Thomas Young (1773-1829).



Experiência de Young (Stefanovits, 2013, p. 250)

Mesmo com a comprovação da proposição formulada por De Broglie, restaram muitas dúvidas. Por exemplo, no experimento de Young, a luz atravessava as duas fendas simultaneamente. No caso dos elétrons, eles também deveriam atravessar ambas as fendas ao

mesmo tempo, comportando-se como uma “onda de matéria” o que não ocorreu. Para entender essa questão, mudou-se a maneira de olhar para o mundo. (Adaptado de Stefanovits, A. 2013, p. 265).

TEXTO: O EFEITO FOTOELÉTRICO

O Efeito Fotoelétrico

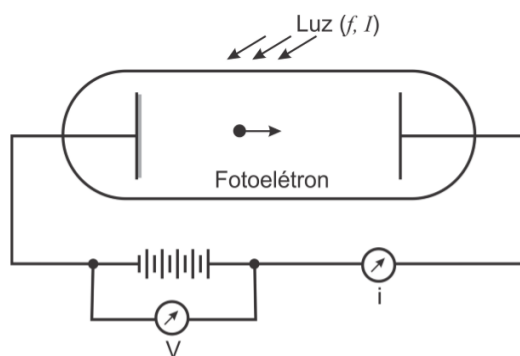
Em 1887, Heinrich Hertz (1857 – 1894) verificou que uma placa de metal eletricamente neutra adquire carga positiva quando atingida por luz de alta frequência. Entretanto, o mesmo não acontece quando essa placa é atingida por luzes de baixas frequências, como a luz amarela. Considerando que a placa fica com carga positiva porque perde elétrons, quando a luz de alta frequência incide sobre ela, definiu-se:

“O fenômeno no qual determinadas substâncias liberam elétrons quando atingidas por radiação eletromagnética é chamado de **efeito fotoelétrico**. ”

Era difícil compreender a relação entre o comprimento de onda da radiação e a eletrização – ou não eletrização – da placa metálica. A Física Clássica não fornecia alicerce teórico para explicar os resultados experimentais obtidos.

Em 1905, Albert Einstein (1879-1955) propôs uma explicação para o fenômeno – trabalho que lhe rendeu o prêmio Nobel. Assumindo a hipótese da quantização, Einstein sugeriu que a luz é formada por pequenos pacotes de energia, proporcionais à sua frequência. Quando incide sobre a placa, a luz transmite a ela energia necessária para liberar elétrons, tornando o metal carregado positivamente.

Para desprender da chapa metálica, o elétron precisa de certa quantidade de energia, fornecida pelo fóton. A energia do fóton, porém, depende da frequência da luz incidente, e não de sua intensidade. Assim, apenas luz acima de determinada frequência é capaz de remover elétrons do metal.



Representação do efeito fotoelétrico pela ação do campo elétrico sobre os elétrons emitidos, estabelecendo uma corrente elétrica mensurável (Stefanovits, 2013, p. 248)

O efeito fotoelétrico apresenta as características descritas a seguir:

- Deve existir uma frequência mínima da radiação incidente para que os elétrons sejam emitidos. Com frequências abaixo desse valor, qualquer que seja a intensidade da radiação, não é possível fazer os elétrons se desprenderem da superfície metálica.

- Quando os elétrons são emitidos, sua energia cinética se mantém, não importando a intensidade da luz incidente. Luz mais intensa resulta em mais elétrons desprendidos, com a mesma energia cinética, e não em elétrons mais velozes.

Com essa abordagem, a radiação eletromagnética ganhou nova compreensão, além do caráter ondulatório, passou a incorporar um caráter corpuscular (já defendido por alguns estudiosos da Física Clássica como Isaac Newton). Ou seja, as ondas eletromagnéticas podem ser consideradas pequenos pacotes de energia que se propagam. Os “pacotes de energia”, posteriormente chamados fótons, comportam-se como partículas e têm energia dada por $E = h.f$ (em que h é a constante de Planck e f é a frequência da onda).

A teoria ondulatória previa que houvesse um intervalo de tempo entre a incidência de luz e a emissão dos elétrons. De acordo com essa teoria, quando a luz tem baixa intensidade, o elétron acumula energia vibracional durante um período de tempo antes de se desprender da placa. No entanto, esse intervalo de tempo nunca foi observado.

O Fóton

A maioria dos cientistas, inclusive o próprio Planck, não aceitou de imediato que a luz pudesse ser tratada, ao mesmo tempo, como onda (teoria já aceita na época) e como partícula sem massa (caso dos fótons). O próprio Einstein chegou a tratar essa ideia como mero subsídio especulativo e momentâneo, já que a proposta era bastante revolucionária.

Contudo, novas evidências da quantização da luz e da energia surgiram logo depois, de modo que a teoria fosse cada vez mais aceita. Ao final, a própria explicação para o efeito fotoelétrico proposta por Einstein reforçou a solução de Planck para o problema do corpo negro.

Aplicações das células fotoelétricas

A descoberta do efeito fotoelétrico tornou possível a construção de aparelhos dotados de células fotoelétricas, nas quais a energia da luz é transformada em corrente elétrica. Essas células também podem ser usadas para ligar e desligar circuitos elétricos – o que permite o funcionamento de máquinas sem a intervenção humana.

São equipamentos que possibilitam, por exemplo, abrir e fechar uma torneira de lavatório ou porta de elevador, acender e desligar automaticamente a iluminação de prédios e ruas, interromper o funcionamento de uma máquina industrial, caso um trabalhador coloque seu corpo em uma zona de perigo (Adaptado de Stefanovits, A. 2013, p. 267)

- Atividades experimentais

Experimento 1

Objetivos

- Investigar o funcionamento de uma célula fotoelétrica
- Verificar a influência da cor da luz em células fotoelétricas de uma calculadora
- Fazer a relação entre energia luminosa e tensão em uma célula fotoelétrica semicondutora

Introdução teórica

O Efeito Fotoelétrico é observado no processo de iluminação de uma superfície metálica ou semicondutora com um feixe luminoso cujos fótons nele presentes estão numa faixa de frequência. Assim, parte da energia do fóton incidente emite elétrons da superfície do metal com uma determinada energia cinética, ou seja, a radiação incidente possui uma energia mínima, que depende de cada material, conhecida como *função trabalho*. A energia (E) de cada fóton que constitui um feixe de luz é dada pela relação: $E=hf$ (Eq. 1), onde h é a constante de Planck, associada aos fenômenos atômicos e f a frequência.

Nossos olhos detectam diferentes cores porque eles respondem de forma diferente a cada frequência. Apenas uma estreita faixa de frequências (e, conseqüentemente de comprimentos de onda), é visível ao olho humano. É o chamado *espectro da luz visível*. Esta faixa de luz visível se estende entre as frequências maiores que o infravermelho e menores que o ultravioleta, e entre comprimentos menores que 700 nm maiores que 420 nm, como pode ser observado na figura e na tabela A:

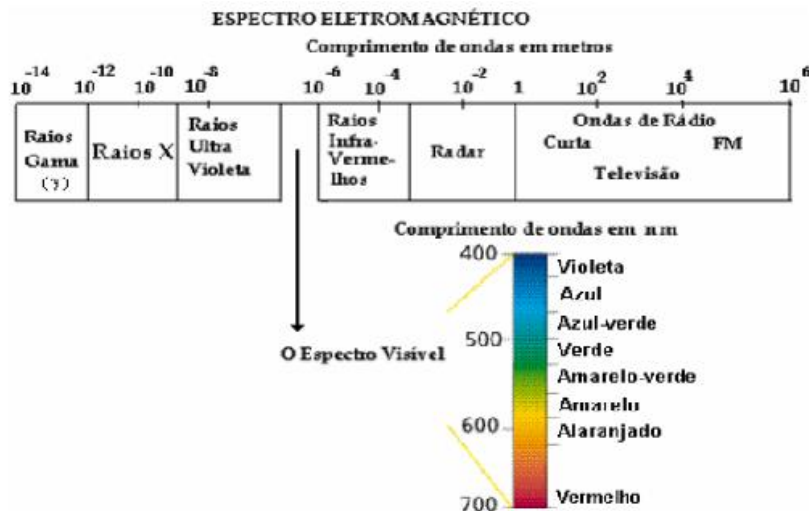


Figura1 – As faixas do espectro em termos do comprimento de onda $\lambda=c/f$, no qual f é a frequência, c é a velocidade da luz, aproximadamente $3,0 \times 10^8$ m/s no vácuo.

Cor	Comprimento de onda (λ)	Frequência (ν)
Violeta	420 nm	$7,1 \times 10^{-14}$ Hz
Azul	470 nm	$6,4 \times 10^{-14}$ Hz
Verde	530 nm	$5,7 \times 10^{-14}$ Hz
Amarelo	580 nm	$5,2 \times 10^{-14}$ Hz
Laranja	620 nm	$4,8 \times 10^{-14}$ Hz
Vermelho	700 nm	$3,0 \times 10^{-14}$ Hz

Tabela A - Comprimentos de onda e frequência característicos de cada cor de radiação eletromagnética.

A descoberta do efeito fotoelétrico tornou possível a construção de aparelhos dotados de células fotoelétricas, nas quais a energia da luz é transformada em corrente elétrica. Essas células também podem ser usadas para ligar e desligar circuitos elétricos, o que permite o funcionamento de máquinas sem a intervenção humana. São equipamentos que possibilitam, por exemplo, abrir e fechar uma torneira de lavatório, uma porta de elevador, acender e desligar automaticamente a iluminação de prédios e ruas, interromper o funcionamento de uma máquina industrial para segurança do trabalhador, entre outros.

Parte 1

Material Necessário

- Calculadora que funcione com energia luminosa
- Pedacos de papel celofane de várias cores (no mínimo três)

Procedimento experimental

- Levantar a calculadora para um ambiente bem iluminado (de preferência pela luz solar direta);
- Com um dos pedacos de papel-celofane cobrir completamente o sensor fotoelétrico da calculadora;
- Expor a calculadora à luz ambiente, a qual será filtrada pela cor do papel celofane;
- Verificar se a calculadora continua funcionando com o sensor fotoelétrico coberto pela cor escolhida;
- Repetir o processo para pedacos de papel celofane de outras cores;
- Registrar na tabela com quais cores de papel celofane a calculadora funcionou e com quais ela não funcionou.

Variações no procedimento experimental

- O experimento pode ser realizado num ambiente iluminado artificialmente, como a sala de aula;

- Também pode ser realizado num ambiente escurecido com lâmpadas de mesma potência e diferentes cores, colocadas a mesma distância (~10cm) das células fotoelétricas da calculadora;
- Pode ser usado qualquer aparelho que funcione com células fotoelétricas.

Resultados

COR	FUNCIONOU	NÃO FUNCIONOU

Análise dos resultados

Uma calculadora que funciona com células fotoelétricas converte a energia luminosa em energia elétrica. Simplificadamente, os fótons atingem a célula fotoelétrica da calculadora, removendo elétrons de seus átomos e fornecendo a esses elétrons energia suficiente para que ocorra sua transferência da célula para um semicondutor. Assim, é estabelecida uma corrente elétrica contínua, que aciona a calculadora.

1. Analisar a tabela com os resultados do experimento e justificar esses resultados de acordo com a teoria quântica.
2. Justificar por que a teoria clássica não é capaz de explicar esses resultados.
3. Pesquisar outras aplicações de células fotoelétricas.

Parte 2

Material Necessário

- Calculadora que funcione com energia luminosa
- Pedacos de papel celofane de várias cores (no mínimo três)
- Multímetro
- Lanterna
- Recipiente opaco com tampa

Procedimento experimental

MONTAGEM:

- Retire a célula fotoelétrica da calculadora.
- Faça um pequeno furo na lateral inferior da lata para passar os fios da célula.
- Cole a célula fotoelétrica no fundo da lata e cole-a com os fios para fora, passando pelo buraco.
- Faça um pequeno recorte na tampa, menor que a área da lente da lanterna afim de permitir a passagem da luz da lanterna, mas isolando a passagem da luz ambiente.
- Ligue os fios da fotocélula no multímetro para fazer as medidas da tensão gerada por este.

COLETA DOS DADOS:

- Tampe o furo na lata e analise a tensão gerada, anote.
- Ligue a lanterna sem o papel celofane e direcione a iluminação para a fotocélula, tampando o furo da lata com a lanterna. Anote a tensão gerada.
- Coloque um pedaço de papel celofane de qualquer cor entre a lanterna e o furo da lata. Anote a cor do papel e a tensão gerada.
- Repita o procedimento para outras cores, anotando os resultados.

Resultados

COR	TENSÃO (V)	λ (nm)	E(eV)

Análise dos resultados

1. Plotar um gráfico das energias referentes ao feixe luminoso em função da tensão gerada.
1. Analisar a tabela com os resultados do experimento e justificar esses resultados de acordo com a teoria quântica.
2. Justificar por que a teoria clássica não é capaz de explicar esses resultados.
3. Pesquisar outras aplicações de células fotoelétricas.

(Adaptado de Stefanovits, A. 2013, p. 269)

