



HOME EDITORA

# ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

Leandro Hupalo

**ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO  
DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO  
MÉDIO**

Todo o conteúdo apresentado neste livro é de responsabilidade do(s) autor(es).

Esta publicação está licenciada sob [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

### **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza - Ufopa (Editor-Chefe)  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Danjone Regina Meira - USP  
Prof<sup>a</sup>. Ms. Roberta Seixas - Unesp  
Prof. Ms. Gleydson da Paixão Tavares - UESC  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Monica Aparecida Bortolotti - Unicentro  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Isabele Barbieri dos Santos - FIOCRUZ  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Reusing - IFPR  
Prof<sup>a</sup>. Ms. Laize Almeida de Oliveira - UNIFESSPA  
Prof. Ms. John Weyne Maia Vasconcelos - UFC  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Pinto de Aragão Quintino - SEDUC-AM  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leticia Nardoni Marteli - IFRN  
Prof. Ms. Flávio Roberto Chaddad - SEESP  
Prof. Ms. Fábio Nascimento da Silva - SEE/AC  
Prof<sup>a</sup>. Ms. Sandolene do Socorro Ramos Pinto - UFPA  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi - UFAM  
Prof. Dr. Jose Carlos Guimaraes Junior - Governo do Distrito Federal  
Prof. Ms. Marcio Silveira Nascimento - UFRR  
Prof. Ms. João Filipe Simão Kembo - Escola Superior Pedagógica do Bengo - Angola  
Prof. Ms. Divo Augusto Pereira Alexandre Cavadas - FADISP  
Prof<sup>a</sup>. Ms. Roberta de Souza Gomes - NESPEFE - UFRJ  
Prof. Ms. Valdimiro da Rocha Neto - UNIFESSPA  
Prof. Dr. Jeferson Stiver Oliveira de Castro - SEDUC-PA  
Prof. Ms. Artur Pires de Camargos Júnior - UNIVÁS  
Prof. Ms. Edson Vieira da Silva de Camargos - Universidad de la Empresa (UDE) - Uruguai  
Prof. Ms. Jacson Baldoino Silva - UEFS  
Prof. Ms. Paulo Osni Silvério - UFSCar  
Prof<sup>a</sup>. Ms. Cecília Souza de Jesus - Instituto Federal de São Paulo

*“Acreditamos que um mundo melhor se faz com a difusão do conhecimento científico”.*

Equipe Home Editora

Leandro Hupalo

# **ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

1ª Edição

Belém-PA  
Home Editora  
2024

© 2024 Edição brasileira  
*by* Home Editora

© 2024 Texto  
*by* Autor

Todos os direitos reservados

Home Editora

CNPJ: 39.242.488/0002-80

www.homeeditora.com

contato@homeeditora.com

91988165332

Tv. Quintino Bocaiúva, 23011 - Batista Campos, Belém - PA, 66045-315

**Editor-Chefe**

Prof. Dr. Ednilson Ramalho

**Projeto gráfico**

homeeditora.com

**Revisão, diagramação e capa**

Autor

**Bibliotecária**

Janaina Karina Alves Trigo Ramos

CRB-8/009166

**Produtor editorial**

Laiane Borges

**Catálogo na publicação**

**Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

H958e

Hupalo, Leandro

Estratégias para o ensino de física moderna no Ensino Médio / Leandro Hupalo. –  
Belém: Home, 2024.

Livro em PDF  
48p.

ISBN 978-65-6089-044-2

DOI 10.46898/home.7d8467e2-ec08-4c65-a30e-0a0009b87dae

1. Ensino de Física Moderna no Ensino Médio. I. Hupalo, Leandro. II. Título.

CDD 530.0712

Índice para catálogo sistemático

I. Ensino de Física Moderna no Ensino Médio

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I .....	8
1. INTRODUÇÃO .....	9
CAPÍTULO II .....	12
2. DESENVOLVIMENTO .....	13
2.1 O PAPEL DA FÍSICA NO AMBIENTE ESCOLAR.....	14
2.2 MUDANÇAS NO ENSINO DE FÍSICA .....	15
2.3 O ENSINO DE FÍSICA BASEADO EM COMPETÊNCIAS E HABILIDADES .....	17
2.4 O PORQUÊ DO ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO .....	19
2.5 FÍSICA MODERNA: UMA ABORDAGEM PEDAGÓGICA.....	21
2.6 A CONTRIBUIÇÃO DE THEODORO RAMOS PARA A FÍSICA MODERNA NO BRASIL .....	22
2.7 O USO DE EXPERIMENTOS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA .....	25
2.7.1 Microgravidade.....	26
2.7.2 A câmara de nuvens.....	28
2.7.3 Medindo a Velocidade do som.....	30
2.7.4 Interferência da Luz .....	33
2.7.5 Espectros .....	37
CAPÍTULO III .....	43
3. CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS .....	46

## **APRESENTAÇÃO**

No cenário educacional contemporâneo, o ensino de Física Moderna no Ensino Médio se destaca como um desafio fascinante e crucial. Este livro, intitulado "Estratégias para o Ensino de Física Moderna para o Ensino Médio", surge como uma ferramenta indispensável para professores que buscam aprimorar sua prática pedagógica e capacitar os estudantes a compreenderem os princípios fundamentais da física que moldam o mundo ao seu redor.

A complexidade da Física Moderna, com seus conceitos revolucionários que desafiam a intuição humana, muitas vezes torna-se uma barreira para a aprendizagem efetiva. O ensino tradicional, centrado em métodos expositivos e fórmulas abstratas, nem sempre consegue capturar a essência e a relevância da física moderna para a vida dos estudantes. Nesse sentido, este livro surge como uma resposta a essas dificuldades, oferecendo abordagens inovadoras e estratégias pedagógicas que visam tornar o ensino da Física Moderna mais acessível e envolvente para os alunos do Ensino Médio.

A importância da Física Moderna para a sociedade contemporânea não pode ser subestimada. Os avanços nesta área têm implicações profundas em diversas áreas do conhecimento, desde a tecnologia até a medicina, passando pela energia e pela compreensão do universo em sua totalidade. Portanto, capacitando os alunos a compreenderem e apreciarem os princípios da Física Moderna, estamos preparando as mentes do futuro para enfrentar os desafios e oportunidades que surgem em um mundo cada vez mais dependente da ciência e da tecnologia.

Este livro não apenas identifica os obstáculos enfrentados pelos professores no ensino da Física Moderna, mas também oferece soluções práticas e inspiradoras para superá-los. Por meio de uma abordagem interdisciplinar e contextualizada, os leitores serão guiados em uma jornada de descoberta, explorando conceitos como a teoria da relatividade, mecânica quântica e cosmologia de uma maneira que faça sentido para eles e os conecte com suas vidas cotidianas.

Além disso, este livro oferece uma série de recursos complementares, incluindo atividades práticas, exemplos do mundo real e sugestões de experimentos que podem ser facilmente implementados em sala de aula. Ao incorporar estratégias ativas de aprendizagem, como a resolução de problemas, o trabalho em equipe e a investigação guiada, os professores serão capacitados a criar um ambiente de aprendizagem dinâmico e estimulante, onde os alunos se sintam motivados a explorar e questionar o mundo ao seu redor.

Em suma, "Estratégias para o Ensino de Física Moderna para o Ensino Médio" representa um recurso valioso para professores que desejam inspirar e capacitar a próxima geração de cientistas, engenheiros e pensadores críticos. Ao adotar uma abordagem centrada no aluno e contextualizada, este livro oferece um novo caminho para o ensino da Física Moderna, transformando-o de um desafio intimidante em uma oportunidade excitante para a descoberta e o aprendizado significativo.

Cabe destacar, ainda, que esse livro é resultado do trabalho de conclusão da Especialização em Ensino de Matemática e Física realizada na Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC) sob orientação do professor Iomaques Vieira de Moraes e aprimorado a partir de mais de duas décadas de ensino da Física na Educação Básica, sobretudo na rede pública de ensino.



# **CAPÍTULO I**

## **Introdução**

## 1. INTRODUÇÃO

O grave problema do ensino de Física não é exclusivo dessa disciplina. Atualmente, admite-se que todo o sistema educacional está em crise e que a velocidade com a qual as mudanças na sociedade atingem a educação é devastadora. Em suma, a interação aluno-professor, que caracteriza o conhecimento, se dá através do interesse de ambas as partes: o professor na abordagem de temas relevantes e o aluno em estar pré-disposto à aprendizagem. Porém, um agravante no ensino de Física encontrado hoje é a falta de contextualização e relação desta disciplina com o dia a dia do aluno, bem como a falta de praticidade nas aplicações demonstradas em sala de aula pelo professor.

É fundamental que os professores ensinem a partir da necessidade de aprendizagem do aluno, visando formar um cidadão que esteja preparado não apenas para o vestibular, ou para um concurso que venha a preencher esta ou aquela vaga no mercado de trabalho, mas sim para as possíveis e inevitáveis relações do conhecimento construído na escola com o seu cotidiano. Doravante, visando contribuir para sanar tais dificuldades, surge o tema: Estratégias para ensino de Física Moderna no Ensino Médio.

O conhecimento evolui de acordo com a necessidade da civilização, impulsionando assim a sociedade para diferentes patamares de organização e novos olhares sobre a utilização do conhecimento construído. A Física, bem como qualquer outro ramo científico, incorpora tais mudanças do conhecimento e, enquanto disciplina do currículo escolar, tem a função de despertar o espírito investigativo nos alunos a fim de realizar uma contextualização e relação com o mundo que os cercam.

Sendo assim, sob uma nova perspectiva para o ensino de Física, torna-se pertinente o questionamento de como conduzir o estudo de Física Moderna no Ensino Médio através de estratégias diferenciadas?

Este livro tem o objetivo principal de propor estratégias diferenciadas para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio, seguido dos objetivos específicos: (a) identificar possíveis interferências no ensino

de Física no Ensino Médio que dificultem a aprendizagem por parte dos alunos; (b) esclarecer o papel da Física para um ensino voltado à sociedade em geral; (c) contextualizar o Ensino de Física voltado para a construção de conhecimento através do desenvolvimento de habilidades presentes no aluno; (d) construir e utilizar experimentos com materiais alternativos para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio e; (e) contrastar o ensino de Física Moderna com a utilização de tecnologias presentes no dia a dia do aluno.

O número de alunos que detêm êxito no ensino de Física é restrito, o que faz com que o restante se sinta desmotivado e incapaz de acompanhar de forma produtiva os conteúdos abordados em sala de aula, pois o bom desempenho em Física é considerado, em geral, como uma mostra de sabedoria e inteligência. Para atender as dificuldades na aprendizagem de conteúdos que envolvem processos físicos e matemáticos da grande maioria dos alunos, que não são capazes de assimilar informações através do processo tradicional de ensino, é que se faz importante a diversificação de práticas pedagógicas.

Por encontrar conexão com inúmeros meios, a Física pode ser representada de diversas formas, com sentidos diversos no que tange a aplicação deste ou daquele conceito na prática. Tal conexão proporciona, sem dúvida alguma, a utilização de materiais alternativos, que podem ser utilizadas através da construção de experimentos, uso de tecnologias disponíveis na escola ou atividades diferenciadas através de modelagens físicas. Podem ser construídos até mesmo objetos a partir de sucatas e materiais descartáveis, valorizando a preservação do meio ambiente, diminuindo a poluição da natureza e desenvolvendo no aluno o senso de educação ambiental e respeito à sociedade.

O livro justifica-se, sobretudo, pela atual situação da educação nas escolas brasileiras, principalmente no que se refere ao ensino de disciplinas da área das ciências exatas. Por objetivar uma proposta de estratégias diferenciadas para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio, esta obra destaca-se pela tentativa de inovar no ensino, propondo não apenas a realização de uma abordagem teórica sobre a história da

Física Moderna ou a biografia de importantes personalidades do mundo científico da época, mas sim a realização de experimentos simples e de relativa assimilação e compreensão por partes dos alunos através de materiais alternativos.

# **CAPÍTULO II**

## **Desenvolvimento**

## 2. DESENVOLVIMENTO

Os últimos anos têm sido marcados por mudanças significativas no discurso sobre a educação, o ensino, e, particularmente, sobre o Ensino Médio. Propostas educacionais são elaboradas a fim de acompanhar as mudanças quanto à educação e termos como contextualização, interdisciplinaridade, competência e habilidade ganham importância e recebem um número maior de citações. Porém, as práticas educacionais continuam a não dispor de tais termos em seu cotidiano e ainda são difíceis de serem traduzidas em sala de aula.

A escola real é muito mais complexa que a escola presente em tratados educacionais e projetos político pedagógicos. Além disso, reflexões, análises e propostas apenas apontam para um caminho e não suprem as necessidades de melhoria que acompanham o novo quadro educacional. Torna-se preocupante e ao mesmo tempo desafiador, pois romper com a rotina da prática pedagógica, modificar hábitos, encontrar opções e diversificar a forma de tratar a informação é algo estressante e nem sempre há a segurança das vantagens e desvantagens proporcionadas pelos esforços em acompanhar tais evoluções.

Logicamente o sucesso da implantação das novas diretrizes e hábitos pedagógicos que estão sendo propostas dependem do trabalho e do esforço coletivo de todos os professores nas mais variadas realidades a que são submetidos. Depende também do constante diálogo e de um processo contínuo de discussão, atuação e investigação entre todos os envolvidos, além de saber que este é um processo lento e que nele podem ser dimensionados problemas ainda não conhecidos ou detectados, ou seja, é um processo de construção contínua. “Isso nos permite, ao mesmo tempo, superar o viés do mecanicismo, do economicismo e, uma tendência igualmente negativa do culturalismo” (Frigotto, 2004, p. 59)

O Ensino Médio deve estar voltado para a formação de jovens, independentemente de sua escolaridade futura ou escolha profissional, adquirindo assim instrumentos para a vida, para compreender as causas e as razões das coisas, para raciocinar, para exercer seus direitos, para participar das discussões em que estão envolvidos seus destinos, para

cuidar da saúde, para atuar, para transformar o sistema, enfim, para realizar-se e viver, ou seja, uma educação para a cidadania.

## **2.1 O PAPEL DA FÍSICA NO AMBIENTE ESCOLAR**

O papel da Física no ambiente escolar prima por nova discussão, para assim possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação mais adequada, voltada à construção da cidadania, como já citado, e ao real objetivo da escola média. Não há necessidade de rever todo o conteúdo programático já existente no ensino de Física e elaborar novas listagens de tópicos, mas, sobretudo, dar novo enfoque e dimensão ao trabalho realizado em sala de aula.

Cabe ao professor instigar a curiosidade do aluno e levá-lo a questionar os fenômenos físicos, pois é através da inquietude e da existência de problemas que surge o conhecimento em Física, sendo este o fator fundamental no processo ensino-aprendizagem. São inúmeros os exemplos na história da humanidade de cientistas que partiram de meras curiosidades e acabaram por revolucionar a concepção da civilização quanto a fenômenos naturais e até mesmo a origem do ser humano, trazendo à tona explicações plausíveis na experimentação e não na hipótese ou crença apenas. Para que existam questionamentos, faz-se necessário que o ponto de partida sejam situações da vida e do cotidiano do aluno, como por exemplo, a origem do Universo e sua evolução, os gastos com a conta de luz, a emissão de gases poluentes na atmosfera, o Efeito Estufa e o funcionamento de aparelhos, máquinas e motores utilizados no dia a dia.

Num mundo onde a tecnologia revoluciona todos os âmbitos de vida, e, ao disseminar informação amplia as possibilidades de escolha, mas também a incerteza, a identidade autônoma se constitui a partir da ética, da estética e da política, mas precisa estar ancorada em conhecimentos e competências intelectuais que deem acesso a significados verdadeiros sobre o mundo físico e social. Esses conhecimentos e competências é que dão sustentação à análise, à prospecção e à solução de problemas, à capacidade de tomar decisões, à adaptabilidade a situações novas, à arte de dar sentido a um mundo em mutação (Nunes, 2002, p. 63).

Muitos dos conceitos abordados no ensino de Física já são do conhecimento do aluno e tem um significado para ele, pois é fruto de sua vivência e experiência diária. Tal conhecimento pode ser considerado como saber empírico, ou até mesmo, senso comum.

Em ciência, nada é dado, tudo se constrói. O senso comum, o conhecimento vulgar, a sociologia espontânea, a experiência imediata, tudo isto são opiniões. Há a necessidade constante de instigar o aluno (Terrazan, 1994, p. 32).

Porém, o modelo de tal fenômeno trazido pelo aluno em sala de aula trata-se do conhecimento empírico e este nem sempre coincide com o modelo científico. Isso acarreta a não compreensão deste ou daquele acontecimento físico, implicando na necessidade de, muitas vezes, mudar o olhar de determinado acontecimento e assim adaptar-se ao modelo científico, porém sempre valorizando o conhecimento trazido pelo aluno: o empírico. A própria história da civilização comprova que não há aquisição de conhecimento num espaço sociocultural vazio, pois sofre influências e é condicionado por fatores externos, portanto há a necessidade de relevar a forma com que o aluno encara a Ciência de modo geral.

Ao defrontar sua ideia empírica com o conhecimento científico, o aluno tem a oportunidade de expor questões e dúvidas pertinentes ao tema abordado, levando-o a entender que sua ideia tem certo valor científico. Assim surge a investigação, sendo esta o “combustível do motor propulsor” da Física.

## **2.2 MUDANÇAS NO ENSINO DE FÍSICA**

A Física, bem como as outras disciplinas componentes da grade curricular do Ensino Médio, necessita de um novo olhar quanto a sua prática pedagógica diante das mudanças que atingem a sociedade. Por ser baseada na experimentação, a Ciência, por muitas vezes, sobrevive perante cálculos e comprovações de fenômenos através de teorias concretas e a Física, enquanto ramo da Ciência, não foge à regra. Algumas ferramentas matemáticas são fundamentais para que esse ramo científico sobressaia.



Porém a Física, enquanto disciplina do Ensino Médio, não necessita da explicação pautada principalmente no uso da Matemática como ferramenta elucidativa e comprobatória de conceitos físicos, embora tenha validade. Por várias razões, o aluno tem certa aversão ao cálculo e demonstra falta de interesse em resolver equações relacionadas aos fenômenos como método de verificação.

A Física continua sendo a mesma para o Ensino Médio enquanto corpo de conhecimento estruturado, com suas leis e princípios estabelecidos e reconhecidos, ainda que novos conhecimentos sejam incorporados através de novas descobertas. No entanto, há abertura para que o professor selecione os temas e conteúdos, as ênfases, a forma de trabalhar ou objetivos formativos propostos para o ensino de Física de acordo com necessidade do aluno.

A história nos revela que muitas 'profissões' foram engolidas pelas novas necessidades sociais. Não se tem mais a necessidade do professor que ensine tão-somente a ler, escrever e contar. O professor necessário, hoje, é aquele que possibilita aos alunos o interpretado, entre o teorizado e o real (Maciel, 2004, p. 111).

Estabelecer tais escolhas leva o professor a refletir quais critérios utilizar, sendo um deles determinar qual o objetivo do ensino de Física: formar cidadãos que desenvolvam a capacidade de relacionar os conceitos Físicos estudados no Ensino Médio com seu cotidiano, para que eles atuem e vivam em um mundo tecnológico complexo e em transformação, ou formar profissionais atuantes em diferentes frentes de trabalho, enfatizando apenas conceitos físicos relacionados à utilização nesta ou naquela profissão?

Resumidamente, o novo ensino de Física traz como consequência por suas mudanças propostas uma menor preocupação com a lista dos tópicos a serem estudados, para assim desenvolver as competências que se fazem necessárias, ou seja, privilegiar competências e habilidades. Devido ao pouco tempo destinado ao ensino da disciplina no ensino médio, torna-se impossível estudar todo o conteúdo, pois isso implicaria numa visão muito superficial e abreviada do conhecimento, mais informativa e pouco formativa. Por outro lado, podem-se identificar

aquelas competências que caracterizam o saber da Física e concentrar a atenção em desenvolvê-las.

Porém, ao dar preferência ao estudo de alguns tópicos, selecionados de acordo com a necessidade do aluno para a visão de construção de mundo, outros tópicos acabam recebendo menor importância. O conhecimento acumulado pela humanidade através de sua história constitui um patrimônio muito precioso, sendo o papel da educação arcar com a continuidade dele, e deixar de ensinar alguns tópicos pertinentes ao ensino de Física não significa romper com a construção de conhecimento da humanidade. Mesmo porque, competências e habilidades somente podem ser desenvolvidas perante problemas concretos que possam ser solucionados através de conceitos físicos, e para isso faz-se necessário o conhecimento de leis e princípios, aprendidos através de um processo de construção cuidadoso, de acordo com o saber empírico de cada aluno em diferentes realidades.

É importante que o professor de Física esteja preparado em todos os sentidos, tenha bom senso e critério na seleção de tópicos ou conteúdos com maior potencial que outros para os objetivos pretendidos. Na prática educacional, é importante que o professor baseie a escolha dos conteúdos a serem abordados de acordo com relevância no mundo contemporâneo, procurando cobrir diferentes campos de fenômenos e diferentes formas de abordagem, privilegiando as características mais essenciais que permitem um olhar investigativo sobre o mundo real, além de relacionar o ensino de Física com diferentes campos de conhecimento ou linguagem sempre que for possível, proporcionando ao aluno o entendimento de que o conhecimento científico apoia-se em diversas bases.

### **2.3 O ENSINO DE FÍSICA BASEADO EM COMPETÊNCIAS E HABILIDADES**

Para Perrenoud, competência é “uma capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimentos, mas sem limitar-se a eles” (2000, p. 7). O grande dilema

da educação está em definir se o aluno vai a escola para adquirir conhecimento ou para desenvolver competências e isso gera um grande mal-entendido, pois se acredita que não é possível adquirir conhecimento e desenvolver competências ao mesmo tempo. Na verdade, quase que a totalidade das ações humanas exige algum tipo de conhecimento, às vezes superficial, outras vezes aprofundado, oriundo de experiências e vivências pessoais, do senso comum, da cultura partilhada em um currículo de especialistas ou da pesquisa tecnológica ou científica. Quanto mais complexas, abstratas, mediatizadas por tecnologias, apoiadas em modelos sistêmicos da realidade forem consideradas as ações, mais conhecimentos aprofundados, avançados, organizados e confiáveis elas exigem. Portanto, para construir competências, a escola prima por tempo, para assim distribuir o conhecimento adquirido em ações.

No que tange ao ensino da Física, enquanto disciplina da grade curricular do ensino médio, pode auxiliar o aluno a conhecer o mundo que o cerca através do entendimento de fenômenos físicos. Tais fenômenos podem ser apreciados a partir de um questionamento, uma indagação referente a acontecimentos do cotidiano do aluno, gerando assim a investigação do tema abordado. Portanto, o conhecimento pode ser encarado como uma ferramenta para o desenvolvimento das competências relacionadas à Física.

A Física Moderna dos físicos difere substancialmente da Física Moderna a ser abordada em sala de aula. Esta deve ser apresentada de maneira clara, com linguagem simples e objetiva, de modo que ofereça ao aluno a oportunidade de relacionar o mundo das partículas subatômicas com a origem do Universo, visto que tal ramo científico está intrinsecamente relacionado à origem da própria vida do ser humano. Uma proposta de ensino de Física Moderna no ensino médio voltada à promoção de competências deve utilizar os conhecimentos adquiridos em sala de aula através de discussões de teorias científicas já existentes, enfatizando também as de cunho filosófico, pois partirá basicamente de

problemas e situações que retratam o cotidiano do aluno, valorizando seu conhecimento empírico.

Para enfatizar os objetivos formativos e promover competências, é imprescindível que os conhecimentos se apresentem como desafios cuja solução, por parte dos alunos, envolve mobilização de recursos cognitivos, investimento pessoal e perseverança para uma tomada de decisão (Hernandes, 1991, p. 17).

Alguns aspectos da Física Moderna são indispensáveis para permitir que os jovens do ensino médio tenham uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e *lasers* presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados, dos microprocessadores e da nanotecnologia. É fundamental aprender a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos, bem como entender os postulados da Teoria da Relatividade.

Ou seja, o estudo da matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico. Há ainda a capacidade de relação com outros ramos, como História da Ciência, por exemplo, ao relatar o impacto no meio científico ocasionado pela descoberta das pequenas partículas e da revolução causada na forma de conceber a restrição do uso da Física Clássica na resolução de problemas a partir de então.

#### **2.4 O PORQUÊ DO ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

A tendência de atualizar o currículo de Física justifica-se pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo. A introdução do ensino de Física Moderna na escola média é capaz de despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles. Além disso, alunos não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não veem nenhuma Física além de 1900, sendo uma

situação inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente.

Estudar temas relacionados à Física, na sala de aula, que os alunos leem em jornais e revistas, assistem em documentários em programas de televisão ou encontram abordagens na internet torna-se muito mais atrativo, pois assim proporciona-se a possibilidade da relação da Física do cotidiano e das novas descobertas e o ensino em sala de aula. Embora a Física Clássica seja fundamental para a explicação de inúmeros fenômenos físicos e tenha sido construída através de séculos de trabalho por vários cientistas, o ensino de Física Moderna incentiva e entusiasma o professor, pois assim pode abordar um campo da Física pouco explorado na escola.

O mundo contemporâneo é altamente tecnológico e para compreendê-lo é função da escola incluir no seu currículo os assuntos relevantes para a formação de um cidadão esclarecido sobre o mundo que o cerca. Em outras palavras: uma pessoa capaz de tomar suas decisões, assim como desempenhar sua função social e econômica de forma condizente com a época em que vive. E o estudo de Física Moderna pode, indubitavelmente, propiciar ferramentas que o auxiliem a ter uma formação intelectual esclarecedora sobre fatos relevantes na atualidade.

A Ciência avança de modo significativo em todos os campos, seja na medicina, na astrofísica, nos meios de telecomunicações, nos meios de transportes, enfim, oferecendo uma maior expectativa na longevidade humana, bem como em sua qualidade. Foi possível acompanhar o incrível salto da Física do início século passado até a atualidade, onde alguns dos maiores cientistas da época unificaram suas ideias sobre a nova concepção da matéria, surgindo assim, a Física Moderna e, a partir desta, vários outros campos físicos, sendo que alguns deles ainda estão em amplo desenvolvimento. Refletindo sobre a atual condição da Física no mundo e a necessidade do homem de buscar o surgimento de sua passagem no Universo, é possível concluir que o conhecimento é passivo de mudanças constantes e que em muito breve outros ramos científicos ganharão ênfase, substituindo assim os que desfrutamos hoje, assim

como aconteceu com a teoria da queda dos corpos proposta por Aristóteles, por exemplo, cedendo espaço para a teoria de Galileu, que provou que não é a massa ou o tamanho do objeto que determinam qual o corpo que toca o solo antes ao serem soltos de uma mesma altura, conforme acreditava Aristóteles.

Seguindo justamente essa lógica da transposição e provável mutação do conhecimento que se deve estudar Física Moderna no ensino médio, pois logo esta será substituída por um novo ramo que venha a explicar a condição de existência da matéria e sua interação com o meio de maneira ainda mais clara e objetiva, e o aluno não terá a oportunidade de ao menos conhecer como ela foi responsável por uma nova concepção, tanto científica quanto filosófica em relação à aceitação destas ou daquelas ideias. Segundo Laburú, Silva e Carvalho (2000) devem os alunos secundaristas estudar Física Moderna e Contemporânea do século XX, antes que ela acabe.

## **2.5 FÍSICA MODERNA: UMA ABORDAGEM PEDAGÓGICA**

O ensino de Física habitual nas séries do ensino médio tem como característica principal o uso contínuo de ferramentas matemáticas na comprovação e verificação dos conteúdos abordados. Porém, a deficiência de conteúdo matemático que muitos alunos apresentam ao término do ensino fundamental compromete significativamente o ensino de Física sob estas características, pois muitas vezes a Matemática ensinada na escola é mecânica, onde geralmente se usa um conjunto de fórmulas e passos que se repetidos corretamente, levam invariavelmente à solução de um problema pautado em hipóteses.

Este distanciamento entre a Matemática vista na escola e a Matemática do dia a dia dos alunos é na maioria das vezes, o grande responsável pela retenção e evasão escolar, o que faz com que os alunos vejam a Matemática como uma disciplina pronta e acabada sem espaço para criatividade e construção do conhecimento (Hernandes, 1991, p. 21).

Ou seja, muitas vezes a prática pedagógica no ensino da Matemática é reduzida a um mero treinamento baseado na repetição,

memorização e experimentação e o questionamento, a inquietação e a criatividade são deixadas de lado.

A Física Moderna, como disciplina do ensino médio, pode ser abordada com um cunho mais teórico e experimental que matemático, ou seja, a discussão de teorias referentes a estes ou aqueles conceitos físicos contemporâneos e a realização de experimentos simples dentro da própria sala de aula. A Física Moderna tem a característica de articular-se com diferentes temas de outras disciplinas, possibilitando a contextualização dos conteúdos abordados. Auxilia também na integração do aluno com o mundo científico contemporâneo, como a astrofísica, a astronomia, eletromagnetismo e funcionamento de equipamentos eletrônicos, por exemplo.

O uso de experimentos na prática pedagógica do ensino de Física é essencial para uma abordagem fidedigna com o conteúdo a ser estudado. Torna-se incoerente o estudo de Física sem a experimentação. A Física Moderna possibilita a implantação de um modelo de aprendizagem investigativa por parte do aluno, pois através da constatação de fenômenos físicos e suas interações com o meio por intermédio de práticas laboratoriais o nível de aprendizagem aumenta significativamente.

## **2.6 A CONTRIBUIÇÃO DE THEODORO RAMOS PARA A FÍSICA MODERNA NO BRASIL**

Em 1923, um jovem engenheiro e matemático, de apenas 28 anos, realizou a primeira pesquisa sobre a Relatividade Geral e a Teoria Quântica no Brasil. Esse personagem, Theodoro Ramos, daria depois importantes contribuições para o desenvolvimento da Ciência no Brasil, tendo sido o primeiro diretor da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP criada em 1934.

Em 1911, Ernst Rutherford, para explicar o comportamento de partículas alfa, espalhadas ao incidirem em placas finas de ouro, propôs um modelo para o átomo no qual os elétrons circundam um pequeno núcleo de carga positiva. Baseado nele, dois anos depois, Niels Bohr

introduziu a ideia da quantização das órbitas eletrônicas. O sucesso desse modelo atômico configurou-se na descrição precisa das linhas do espectro do hidrogênio atômico e na comprovação experimental da existência de estados atômicos discretos. Em 1915, Arnold Sommerfeld, e de forma independente William Wilson, introduziu as regras gerais de quantização. Elas estabeleciam quais grandezas físicas seriam quantizadas em um sistema periódico, como, por exemplo, a energia e o momento angular, cristalizando o que se convencionou chamar posteriormente de 'Velha Teoria Quântica'.

Já em 1887, Michelson e Morley haviam descoberto que uma chamada linha do espectro do hidrogênio apresentava uma estrutura interna, pois apareciam duas linhas muito próximas. Naquela época, este fato não tinha despertado muito interesse, pois ainda não existia nenhuma explicação quantitativa para as linhas do espectro. Usando as regras de quantização, Sommerfeld obteve o mesmo resultado de Bohr, mas os estados eram degenerados.

No entanto, nem todos os pesquisadores obtinham os mesmos resultados nas suas medidas, pois o efeito era pequeno e havia fatores externos que perturbavam a experiência, como o alargamento devido ao efeito Doppler e o uso de descargas elétricas que afetavam os níveis de energia. Os opositores da Teoria da Relatividade argumentavam também que o resultado não poderia ser visto como uma confirmação da validade geral da teoria, uma vez que apenas a relação da dependência da massa com a velocidade da partícula fora usada na dedução do resultado.

Segundo Studart (2004, p. 34) “o surgimento da Teoria da Relatividade Geral, no final de 1915, veio introduzir outro motivo para as discussões e debates entre os opositores e os defensores da Teoria da Relatividade e da Teoria Quântica”. De fato, Relatividade Geral permitiu calcular corretamente a precessão do eixo da órbita de Mercúrio; no entanto, os cálculos realizados usando-se apenas a Teoria Restrita se mostram incorretos por um fator  $1/6$ . Além disso, a Relatividade Geral alcançou enorme sucesso após a comprovação da deflexão da luz pelo



Sol, em 1919, conforme previsto por Einstein. Alguns cientistas passaram a debater sobre a necessidade ou não de se utilizar a Teoria da Relatividade Geral para o sistema atômico, alegando que este é, em muitos aspectos, similar ao modelo planetário.

Surge então o problema de se analisar o espectro do átomo de hidrogênio partindo-se diretamente da Teoria da Relatividade Geral. O trabalho que Theodoro Ramos desenvolve em 1923 visou abordar exatamente este problema. Ele recebeu o título *A Theoria da Relatividade e as Raias Espectraes do Hydrogenio*, tendo sido apresentado na sessão da Academia Brasileira de Ciências de novembro de 1923 e publicado na *Revista Polytechnica* (n. 74, p. 181-188, set./ dez. 1923). O artigo viria a ser reproduzido no primeiro número dos Anais da Academia em 1929 (v. 1, p. 20-27) quando o assunto já estava superado. Em linhas gerais, Theodoro Ramos usou a regra da quantização de Sommerfeld para um sistema formado por um elétron em órbita em torno do núcleo, ligado a ele pela força de Coulomb, e verificou a influência da curvatura do espaço-tempo sobre o sistema. Ele reproduziu o resultado anterior de Sommerfeld para as frequências das transições eletrônicas e encontrou as contribuições, muito pequenas, provenientes da Relatividade Geral.

Theodoro Ramos, em 1923, com apenas 28 anos, realizou a primeira pesquisa sobre a Relatividade Geral e a Teoria Quântica no Brasil. Se tivesse submetido seu trabalho a uma revista com penetração internacional, ele seria citado hoje nos textos que tratam da história da Física Moderna (Studart, 2004, p. 34).

Trabalhos similares dedicados a esta questão apareceram na mesma época, entre os quais o de George Jaffé (1922), Theodor Wereide (1923) e a tese de doutoramento do matemático mexicano Sandoval Vallarta no MIT (1924). Em todos os artigos, a conclusão é a mesma: para o caso de massas e cargas típicas dos átomos, as correções provenientes da relatividade geral eram desprezíveis. As órbitas eletrônicas calculadas usando essa teoria eram muito aproximadamente iguais às obtidas pela relatividade especial. O artigo extraído da tese de Vallarta e submetido à publicação apenas em agosto de 1924 é o que apresenta maior

semelhança com o de Ramos. É quase certo que Theodoro Ramos não conhecia os trabalhos de Jafée, Vallarta e Wereide, pois estes foram publicados em revistas às quais cientistas brasileiros dificilmente tinham acesso.

Theodoro Augusto Ramos formou-se em Engenharia Civil na Escola Politécnica do Rio de Janeiro em 1916. Ali obteve o título de Doutor em Ciências Físicas e Matemáticas, em 1918, com a tese *Sobre as Funções de Variáveis Reais* que é considerada um momento importante da pesquisa matemática no Brasil. Em 1919, assumiu o cargo de professor substituto na Escola Politécnica de São Paulo, com a tese *Questões sobre Curvas Reversas*. Somente em 1926, foi nomeado professor da cadeira de *Vetores, Geometria Analytica, Geometria Projectiva e suas aplicações à Nomographia*.

Em 1932 foi transferido para a cátedra de *Mecânica Racional precedida de Calculo Vetorial*, onde permaneceu até o final de sua curta existência. Além de matemático renomado (publicou vários artigos originais na área, uma raridade na época), Theodoro Ramos teve múltiplas atividades. Publicou em Paris o livro *Leçons sur le Calcul Vectoriel* (1933) e proferiu uma série de interessantes conferências no Rio sobre a Mecânica Quântica. Fez parte da comitiva que foi à Europa em 1934 contratar pesquisadores para a recém-criada Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, da qual foi o primeiro diretor. Na esfera da educação, foi membro por muitos anos do Conselho Nacional de Educação e participou da reforma do ensino de Engenharia em 1931. Exerceu cargos públicos, em doses mínimas, tendo sido inclusive Prefeito de São Paulo por três meses em 1933.

## **2.7 O USO DE EXPERIMENTOS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA**

O ensino de Física não deve ser apenas pautado em fórmulas e aulas unicamente expositivas, pois trata-se de um ramo da Ciência, e como tal, necessita de experimentação para comprovação, aceitação de teorias e estudo acurado do tema. Embora a Física Moderna tenha um cunho muito mais teórico que experimental, onde a Filosofia encontra

sua conexão com a Ciência, pode-se agregar inúmeros experimentos de fácil construção acerca de abordagens pertinentes ao tema estudado.

Alguns conceitos de Física Moderna poderão ser facilmente compreendidos através do uso dos experimentos sugeridos nesse trabalho, pois além do poder de elucidação que eles detêm, utilizar-se-ão materiais alternativos, onde a construção dos modelos experimentais pode contrastar com a Educação Ambiental quanto aos materiais renováveis.

### 2.7.1 Microgravidade

Para a realização deste experimento, faz-se necessário uma pequena câmera de vídeo, um computador ou videocassete acoplado a uma TV, caixa (metálica ou de madeira), corda de varal, espuma de colchão, roldanas, vela, imãs, mola, peso, recipiente, água e elástico. Dentre os materiais citados, acredita-se que o mais dispendioso é a câmera de TV, porém esta pode ser simples, com fornecimento de imagens em preto e branco, parecida com câmeras de vigilância. Computador ou videocassete e TV podem ser encontrados na maioria das escolas, basta adaptá-los ao experimento. A figura a seguir ilustra a montagem do experimento.

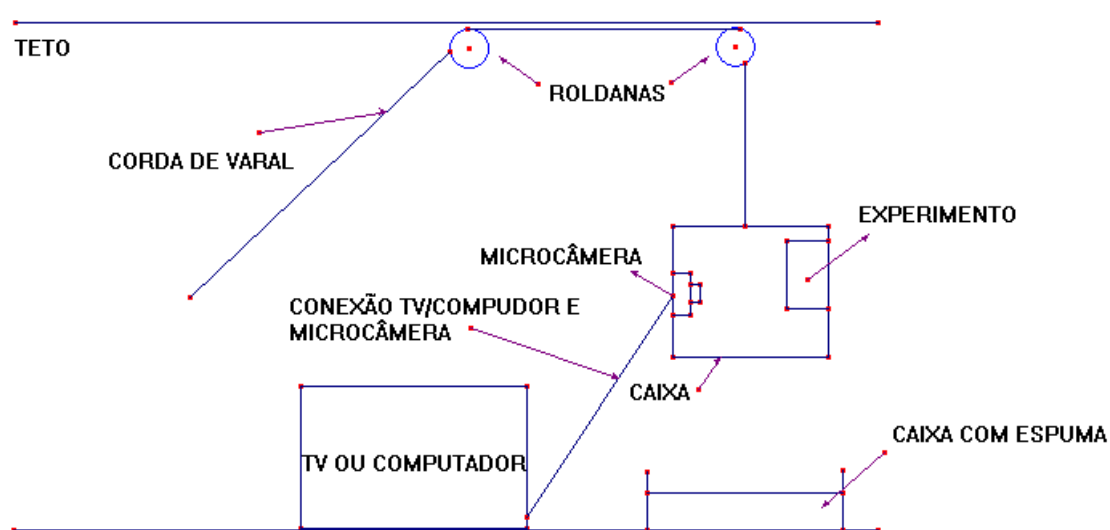


Figura 1. Esquema geral dos equipamentos utilizados

Após montar o experimento baseado no esquema acima, pode-se realizar os seguintes experimentos.

*a) Repulsão de imãs*

Diante da microcâmara fixe um lápis com três imãs com formato de arruela, de modo que imãs se disponham a repelir-se mutuamente. Analisando a figura abaixo, percebe-se facilmente que a distância entre os imãs não é a mesma.

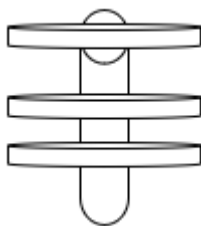


Figura 2. Esquema da disposição dos imãs.

No momento em que acontece a queda, em microgravidade, os três imãs ficam igualmente espaçados. Para a câmera que cai junto com os imãs, tudo se passa como se apenas a força magnética de repulsão atuasse sobre os imãs.

*b) A chama de uma vela*

Prenda uma vela na caixa, de modo que sua chama fique a frente da câmera. Observando a chama, observa-se que ela é alongada e brilhante. Depois da vela acesa, a caixa é solta. Durante a queda livre, a chama torna-se esférica e menos intensa, pois durante a microgravidade, cessam os movimentos de convecção do ar e, com isso, a chama passa a ter um formato esférico, acontecendo a renovação de ar apenas por difusão.

*c) Peso com a mola*

Prenda uma mola com um peso em sua extremidade, fazendo com que a mola permaneça distendida em frente à câmera. Quando a caixa é solta, a mola volta a seu estado normal, como se não tivesse peso em sua extremidade, devido à situação de microgravidade.

*d) Peso e elástico*

Pendure um peso qualquer numa tira de elástico, conforme a figura. Ao ser abandonada a caixa, o peso parece não realizar qualquer influência sobre o elástico, deixando-o reto.

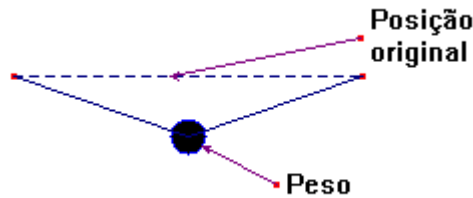


Figura 3. Demonstração da ação do peso no elástico.

### 2.7.2 A câmara de nuvens

O objetivo deste experimento é construir uma câmara de nuvens, também chamada de câmara de Wilson, e observar as trilhas de partículas subatômicas emitidas por substâncias radioativas. Uma câmara de nuvens é um dispositivo que mostra o rastro deixado por partículas subatômicas. A câmara descrita neste trabalho é de simples confecção. A câmara será feita de um vidro de boca larga, transparente, com tampa de rosquear, podendo ser um vidro de geleia resistente. Analise o esquema a seguir.

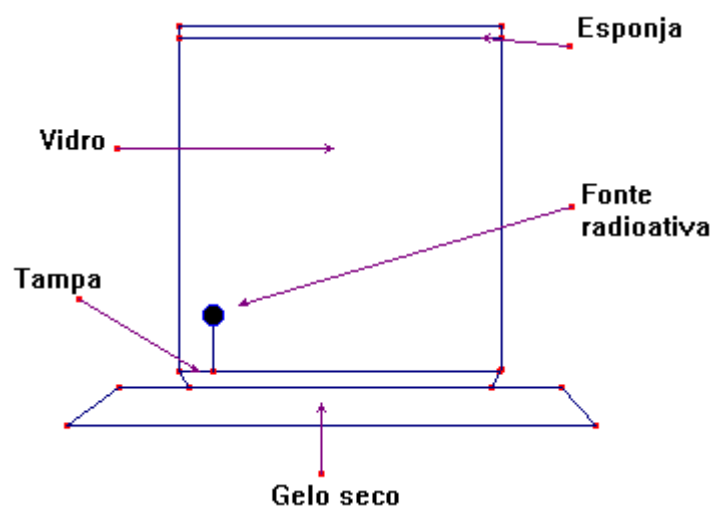


Figura 4. Disposição dos elementos na câmara de nuvens.

Corte um papel mata-borrão, ou uma esponja fina, em forma de disco, com o diâmetro igual ao fundo do vidro. Fixe esse disco no fundo do vidro com cola de boa qualidade. Corte outro disco, agora feito de pano preto (veludo, por exemplo) e cole-o na parte de dentro da tampa. Prenda a fonte radioativa na parte interna da tampa.

Derrame um pouco de álcool anidro dentro do vidro ainda aberto e agite bem para ensopar o papel ou esponja. Se sobrar algum excesso de álcool, derrame-o fora. Tampe o vidro, ponha-o com a tampa para baixo e espere uns 15 minutos.

Enquanto espera, encha um prato fundo de gelo seco, ou seja,  $\text{CO}_2$  sólido, e cubra com um pano fino. Coloque o vidro, com a tampa para baixo, sobre o pano que cobre o gelo seco. O álcool dentro do vidro esfria bastante, ficando em um estado chamado de supersaturado.

Nesse estado, qualquer perturbação pode condensar o álcool vaporizado. Escureça a sala e ilumine o vidro com uma boa lanterna. Nesse ponto, se tudo correr bem, deve ser possível observar algumas trilhas deixadas pelas partículas emitidas pelo material radioativo.

As trilhas que vemos na câmara são feitas de moléculas de álcool que se condensam como a água se condensa em uma nuvem. Uma partícula subatômica ejetada pelo material radioativo sai em linha reta. Ao passar por uma molécula de ar ou álcool, a partícula pode arrancar um ou mais elétrons da molécula, ionizando-a. Esses íons, ao se formarem, atraem as moléculas de vapor que estão nas proximidades, condensando-as em forma de gotículas bem pequenas. São essas gotículas que espalham a luz e formam as trilhas indicando o caminho por onde passou a partícula subatômica.

É possível que apareça outro tipo de trilha, mais fina, que não se originam de partículas emitidas pela fonte radioativa. Essas, provavelmente, são devidas a raios cósmicos que passam pela câmara enquanto estamos observando. Esses raios cósmicos também são formados de partículas, só que se originam nas altas camadas da atmosfera ou mesmo no espaço exterior. Alguns vêm de muito longe, de fora do sistema solar ou mesmo da galáxia. Se sua câmara for muito bem

feita, você nem precisará de uma fonte radioativa: bastam os raios cósmicos que sempre estão por aqui.

Para melhorar bastante o desempenho de sua câmara, serão necessários cuidados especiais. Envolve o vidro com um cilindro de papel preto deixando duas fendas retangulares deslocadas de noventa graus, uma da outra. Uma delas fica a uns 2 ou 3 centímetros acima da parte que terá contacto com o gelo seco. A parte de baixo da outra deve coincidir com a parte de cima desta. Ilumine o interior do vidro com uma luz bem forte através da fenda inferior. Use, por exemplo, o feixe de luz de um projetor de slides.

Para saber se as partículas que geram uma trilha são eletricamente carregadas, aproxime um ímã forte de sua câmara. Se a partícula tiver carga, a trilha aparecerá curva.

### **2.7.3 Medindo a Velocidade do som**

Para fazer experimentos que envolvam ondas sonoras ou mesmo resolver exercícios propostos em livros didáticos, é muito comum adotar como velocidade de propagação do som no ar o valor 340 m/s, que corresponde à velocidade dessas ondas a cerca de 20 °C. Porém, a dependência da velocidade do som com a temperatura do meio de propagação é grande. Uma boa aproximação para a velocidade do som no ar é dada pela equação:  $v = 330,4 + 0,59T$  m/s, em que T é a temperatura dada em °C.

Não é difícil determinar a velocidade do som no ar a uma temperatura qualquer: coloque em vibração um diapasão de frequência conhecida próximo à boca de um tubo contendo água; ao variar o nível da água no tubo, procure ouvir um reforço na intensidade do som, conforme a figura a seguir.

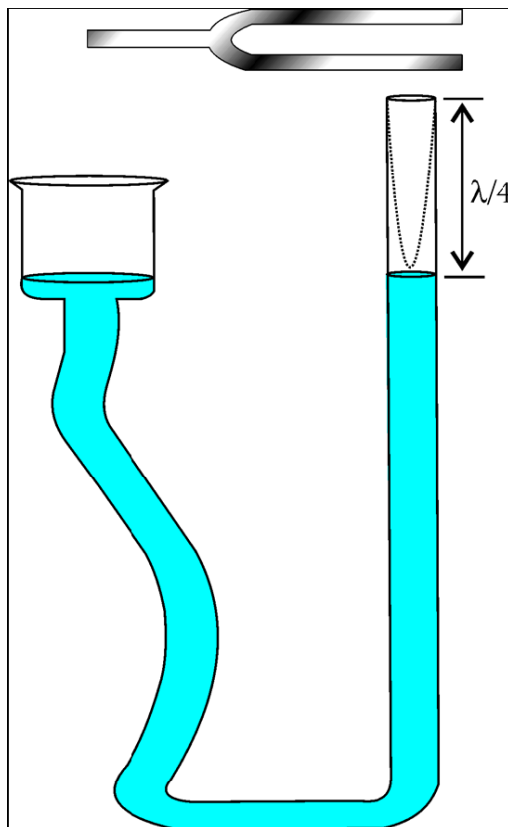


Figura 5. Demonstração do tubo com o diapasão.

Esse reforço se deve ao fato de formar-se no tubo uma onda estacionária na coluna de ar existente entre o nível da água e a boca do tubo, de comprimento  $L$ . Sendo este o primeiro reforço observado, a coluna de ar está vibrando com a menor frequência possível, que corresponde à frequência do diapasão. O comprimento de onda neste caso corresponde a quatro vezes o comprimento  $L$  da coluna, por tratar-se de um tubo fechado em uma das extremidades. Então  $v = \lambda f$ , isto é,  $v = 4\lambda f$ .

A precisão da medida fica limitada à determinação do comprimento  $L$  quando ocorre um aumento na intensidade do som. Neste experimento, no entanto, as variações desse comprimento não produzem variações de intensidade sonora muito perceptíveis pelo ouvido humano, dificultando muito a determinação do ponto de ressonância.

Nesse caso, a interferência do observador atrapalha o experimento. Portanto, deve-se começar tomando um tubo de ar de comprimento  $L$  fixo, de secção constante e a princípio aberto nas duas extremidades. Esse



tubo pode ser de material opaco ou transparente, mas se for transparente, poderá ser usado em outros experimentos interessantes.

É mais fácil manusear tubos de até 1 m de comprimento. Pois, ao bater com a palma da mão em uma das extremidades abertas do tubo podemos ouvir um som característico que depende do comprimento  $L$ . Quanto mais longo o tubo mais grave será o som, isto é, menor será a sua frequência. Para determinar a velocidade do som, necessita-se da frequência (Cavalcante, 2003, p. 29).

Existem equipamentos especiais que medem a frequência de uma onda sonora com bastante precisão: são os espectrômetros sonoros. No entanto é um equipamento caro que certamente não se encontra disponível em nossas escolas e às vezes nem nas universidades. Mas dispondo de um computador com placa de som, microfone, e conexão com a internet existe a possibilidade de substituí-lo a altura. Existem na rede vários softwares livres que desempenham com bastante eficiência o papel de analisador de espectro sonoro, isto é, que conseguem determinar a frequência fundamental acompanhada das respectivas frequências harmônicas de uma onda sonora.

Ao bater em uma das extremidades com a palma da mão teremos um tubo fechado em uma das extremidades conforme indica a figura a seguir.

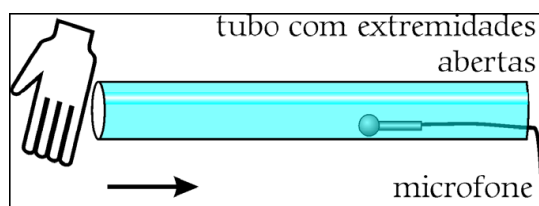


Figura 6. Tubo com o microfone.

O som produzido pode ser captado pelo microfone ligado à placa de som do computador. O software salva o som produzido em extensão .wav e o reproduz de duas maneiras: no alto falante do computador e simultaneamente na tela, já mostrando as diferentes frequências que o compõem (fundamental e harmônica). O valor de frequência pode ser

obtido diretamente na tela alterando-se a posição do cursor para o ponto da curva em que se deseja obter esta informação.

A utilização do computador como ferramenta de medida torna o processo de determinação da velocidade do som muito rápido e simples, além de barato, podendo ser reproduzido em sala de aula sem grandes restrições, não necessitando de um laboratório de Física. Usando um pouco de criatividade, é possível usar o processo de medição de frequências de ondas sonoras em outros experimentos, construindo um instrumento musical seja com tubos ou cordas, certamente é uma atividade que desperta o interesse dos alunos além de proporcionar uma ampla discussão sobre Acústica, que pode também ser encarada como Física Moderna, nesta situação.

#### **2.7.4 Interferência da Luz**

A simplicidade e eficiência desta montagem estão relacionadas à fonte de luz: um laser de diodo, destes usados como apontadores de transparências em sala de aula. Seu custo é muito baixo e suas características ópticas são perfeitas para esta aplicação. Quando a lente de colimação é retirada, sua luz intensa e monocromática apresenta-se fortemente divergente. O primeiro passo da montagem consiste então em retirar a ponteira do laser e, com a ajuda de um alicate, remover com cuidado o plástico que retém a lente. Tente não a danificar: ela poderá ser útil depois. Uma vez retirada a lente, a luz do laser será fortemente divergente, o que é adequado para as nossas necessidades.

Para manter o laser ligado, use uma fita adesiva colada sobre a chave, ou um prendedor de roupa. Quanto à alimentação, se desejado, substitua as pilhas originais (pequenas e de durabilidade exígua) por uma alimentação externa. Sugere-se um soquete para três pilhas comuns, pequenas (1,5 V), com os terminais munidos de garras jacaré pequenas. Coloque as pilhas no soquete e conecte a garra jacaré correspondente ao polo negativo na pequena mola que está localizada no interior do laser. O polo positivo é ligado em qualquer ponto da carcaça.

Com esta alimentação, o laser poderá ser usado continuamente por um tempo muito longo. Observe a figura.



Figura 7. Construção do experimento da interferência da luz.

A montagem proposta aqui é conhecida na literatura como “espelho de Lloyd” e propicia uma ocasião rara de ver em ação, simultaneamente, a Óptica Geométrica e a Óptica Física. Com ela é possível visualizar franjas de interferência obtidas através de uma sobreposição de duas fontes: uma real e a outra, sua imagem especular.

O “espelho de Lloyd” é uma das formas possíveis para demonstrar a interferência da luz. Os resultados obtidos são empolgantes e é muito fácil verificar que as franjas observadas são devidas à interferência da luz oriunda dos dois feixes. Os alunos normalmente manifestam grande interesse e motivação pelo assunto (Catelli; Lazzari, 2004, p. 20).

Uma parcela da luz da fonte (o laser diodo adaptado como descrito acima) ilumina diretamente uma lente. A outra parcela também ilumina a lente, mas só após ter sido refletida por um espelho. Neste momento ocorre o que mais intriga os estudantes: a luz “interfere com seu reflexo” e as franjas aparecem, ampliadas pela lente, conforme figura a seguir.

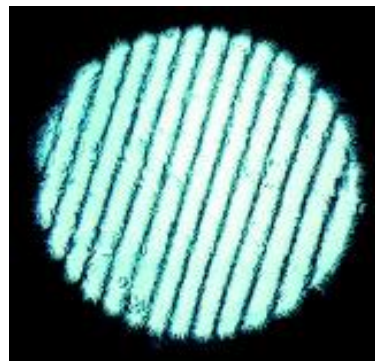


Figura 8. Franjas da interferência da luz.

Há alguns detalhes da montagem que merecem uma explicação mais detalhada. Prepare o laser como sugerido acima. Providencie três pedaços de madeira (ou improvise com outros materiais) e prenda num deles o laser com fita adesiva. Prenda no outro pedaço de madeira o “espelho”: uma lâmina de vidro comum com dimensões aproximadas de 5 cm por 5 cm. Para uma melhor proteção na hora de manipular a lâmina de vidro, envolva-a com fita isolante cobrindo as bordas, e recorte o excesso de fita com uma lâmina afiada, por exemplo, um estilete. O resultado pode ser visto conforme a figura a seguir.



Figura 9. Esquema de preparação com laser.

Se você estranhar o uso de um vidro transparente como espelho, lembre-se que, em incidências rasantes, praticamente toda a luz é refletida. O terceiro pedaço de madeira servirá para fixar uma ocular de microscópio de 15X, caso você tenha acesso a uma. Com ela, as franjas de interferência são vistas com extrema facilidade e apresentam alto contraste. Caso a ocular não esteja disponível, é possível improvisar com a própria lente colimadora retirada do laser: as franjas podem ser distinguidas perfeitamente; porém, devido ao reduzido diâmetro da lente, a visualização não é tão confortável. Um suporte adequado para esta lente pode ser feito seguindo o desenho da figura abaixo.



Figura 10. Suporte.

A montagem é bastante simples e rápida: em primeiro lugar, ajuste o laser de modo que a mancha de luz, que lembra a forma de uma elipse bastante achatada, fique com seu eixo maior paralelo à superfície da mesa de apoio. Com isto, são evitados problemas de baixa visibilidade das franjas, devido à polarização do feixe de laser. Aponte em seguida o feixe divergente do laser da direção da lente ocular e, por fim, use a lâmina de vidro para direcionar a luz refletida também sobre a ocular. A lâmina de vidro deve ter seu plano colocado paralelamente ao laser, e bem próximo ao eixo deste. Procure executar a montagem sobre uma mesa firme; apesar deste dispositivo ser pouco sensível às vibrações mecânicas, estas podem atrapalhar bastante no ambiente de sala de aula, onde há em geral bastante “tráfego” de pessoas.

O maior proveito a ser retirado desta montagem é sem dúvida a interferência da luz. Em sala de aula, deve-se explorar a montagem da seguinte maneira: cada aluno observa as franjas na ocular e, imediatamente após vê-las, o feixe direto de luz deve ser obstruído com um pedaço de papel, restando apenas o feixe refletido. O observador continua a ver luz, mas as franjas desaparecem.

Uma vez retirado o papel, elas reaparecem. Obstruindo desta vez o feixe refletido, colocando o papel diretamente sobre a face do vidro, o observador vê a luz direta do laser, mas novamente as franjas desaparecem. A partir destas observações, o professor pode explorar as ideias de interferência de dois feixes de luz e o experimento de fenda dupla de Young, a partir de um modelo ondulatório da luz, o qual é de

compreensão mais simples. Uma vez explorado o conceito que leva à fenda dupla de Young, é interessante variar a distância do espelho ao laser: quanto menor for esta distância, maior será o espaçamento entre as franjas. Isto se deve ao fato de que a distância entre a fonte real e sua imagem especular ter um comportamento em muitos aspectos semelhante ao das duas fendas do experimento de Young.

Esta montagem alternativa para o experimento do espelho de Lloyd, além de ser de muito baixo custo, pode ser facilmente executada. Há outras demonstrações de execução ainda mais simples, porém elas não possibilitam a obstrução alternada dos feixes que produzem a interferência da luz, o que as torna menos convincentes. A investigação deste “cruzamento” entre a Óptica Geométrica e a Óptica Física é um momento precioso para explorar a curiosidade e a motivação dos alunos. Além disso, é um ótimo recurso para ser explorado em disciplinas introdutórias de cursos superiores de graduação de Física e de Engenharia.

Para obter franjas de interferência mais afastadas umas das outras, deve-se reduzir a distância entre as fontes. O comprimento de onda  $\lambda$  dos lasers de diodo fica em torno de  $0,64 \mu\text{m}$ , mas pode variar de alguns poucos por cento de um laser para outro.

### **2.7.5 Espectros**

As primeiras observações da luz solar passando por um prisma e se decompondo em várias cores tiveram grande importância no desenvolvimento da Física. Estava aberta a possibilidade de se analisar a composição da luz emitida por outros processos, como por uma vela, por descargas elétricas em gases etc. Isso levou à descoberta de novos elementos químicos a partir da análise da luz por eles produzida quando aquecidos ao rubro. A observação desses diferentes espectros de luz no Ensino Médio certamente levará a uma discussão aprofundada não somente sobre a natureza da luz, mas também sobre o desenvolvimento da Física e Química modernas, ressaltando a contribuição desse tipo de análise no surgimento de modelos atômicos. Construir um dispositivo

que permita fazer a observação e análise do espectro luminoso de uma fonte de luz pode ser simples e barato.

O prisma tem capacidade de separar as diversas cores porque o seu índice de refração é uma função da frequência da luz incidente. Desta forma a luz com diferentes frequências irá se propagar com diferentes velocidades dentro do prisma, sofrendo diferentes desvios. A luz também pode ser decomposta quando atravessa uma rede de difração. A difração ocorre quando uma onda contorna um ou mais obstáculos, mudando sua direção de propagação. Ondas luminosas, ao sofrerem difração, invadem a zona de sombra geométrica após contornarem os obstáculos e ao atingirem um anteparo produzem interferências construtivas e destrutivas.

Se um feixe de luz monocromática (fonte F) atravessar a rede de difração, conforme figura a seguir, cujas fendas estão separadas pela distância  $d$ , a luz espalhada atingirá o anteparo, colocado a uma distância  $L$  da rede.

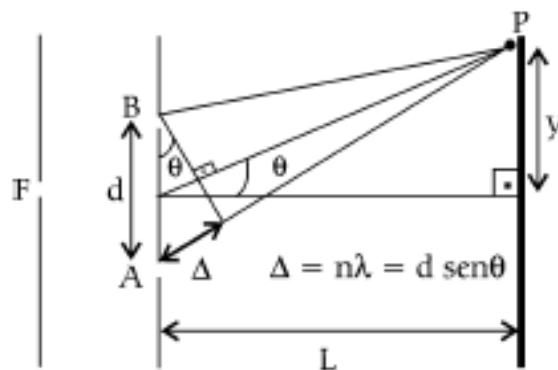


Figura 11. Disposição dos raios monocromáticos.

Para que no ponto P ocorra uma interferência construtiva caracterizada por uma franja de luz, as ondas luminosas que se espalharam a partir das fendas A e B devem estar em fase, isto é, “crista com crista”. No entanto, essas ondas caminham distâncias diferentes. Então, para que estejam em fase, a diferença de caminhos percorridos deve ser múltipla inteira do comprimento de onda da luz. Para  $n = 0$ , a franja de luz é produzida por ondas luminosas que caminham a mesma

distância, produzindo uma franja de interferência construtiva exatamente no eixo de incidência da luz. Denomina-se essa franja de máximo central.

O ângulo  $q$  corresponde ao ângulo de desvio do ponto P onde aparece a franja de luz em relação ao máximo central. Vemos na Figura 1 que  $D = d \sin q$  e então podemos escrever que  $n\lambda = d \sin q$ . Logo, escolhida a rede de difração, para um feixe de luz de comprimento de onda  $\lambda$ , teremos franjas de interferência construtiva em pontos diferentes do anteparo, pois para cada valor de  $n$  teremos um ângulo  $q$  de desvio em relação ao máximo central, e simétricos a ele, assim como na figura abaixo.

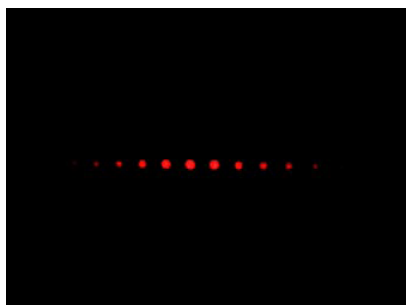


Figura 12. Franja.

“No entanto, nos interessa usar a rede de difração para decompor a luz policromática e determinar o comprimento de onda de suas componentes. Ao incidir luz policromática na rede, observaremos que quanto maior o comprimento de onda da componente, maior será o ângulo de desvio, isto é, cada cor de luz aparecerá em um ponto diferente do anteparo dependendo de seu comprimento de onda  $\lambda$ . Ao conjunto de componentes da luz chamamos espectro” (Cavalcante; Tavolaro, 2002, p. 40).

Aqui cabe uma observação importante: para que o espaçamento entre as franjas de luz seja perceptível, isto é, para que ocorra uma boa dispersão da luz, é necessário que a distância  $d$  entre as fendas seja da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda da luz. A luz visível tem comprimentos de onda aproximadamente entre 400 nm e 700 nm. Certamente as empresas que produzem equipamento de laboratório de Física e Química disponibilizam redes de difração para espectrometria com cerca de 500 a 600 fendas/mm ( $d = 6600$  nm, aproximadamente).



“No entanto nossa proposta é construir um dispositivo com material de fácil acesso de modo que professores e alunos possam reproduzir em casa” (Cavalcante; Tavolaro, 2002, p. 41). Um CD pode ser utilizado como rede de difração. Em um primeiro momento podemos dizer que a luz refletida na película existente sobre as trilhas do CD sofre interferência, resultando no mesmo efeito descrito anteriormente. As cores que vemos no CD são conseqüências desse fenômeno. Um modo de otimizar o CD como rede é retirando a película refletora (CD's graváveis têm a película exposta podendo ser retirada com a ajuda de uma fita adesiva). Neste caso teremos uma rede de difração em potencial já que o CD tem cerca de 600 trilhas/mm, como as redes comerciais para espectrometria.

Vamos à construção do espectrômetro caseiro. Corte o CD transparente em pequenos pedaços, cerca de 2x2 cm (um único CD renderá vários espectrômetros). Pegue uma caixa de papelão pequena, como uma caixa de disquetes, por exemplo. Em uma das tampas (aba móvel) recorte um quadrado pouco menor que sua rede de difração. Esta janela deve ser feita próximo à lateral da tampa, como indica a figura abaixo.

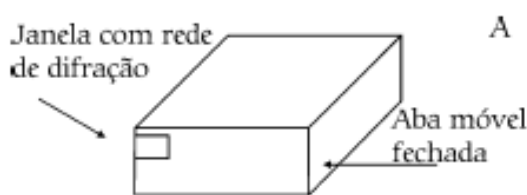


Figura 13. Caixa de papelão moldada.

A rede será encaixada nesta janela e presa com fita adesiva. Na outra tampa deve-se produzir uma fenda de largura variável para a entrada de luz e um anteparo com uma escala graduada. Numa tira de papelão da mesma largura e comprimento da tampa, cole um pedaço de papel milimetrado, cobrindo totalmente a tira. Recorte totalmente a tampa e cole-a na caixa transversalmente como tampa funcionará como

trilho suporte para o anteparo com a escala, conforme indica a figura a seguir.

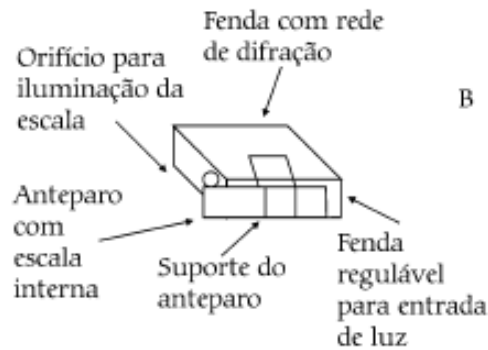


Figura 14. Caixa montada.

Introduza o anteparo com a escala voltada para dentro e deixe um vão (fenda) do mesmo lado da rede de difração. Direcione a fenda para uma lâmpada qualquer e olhe através da rede. Ajuste a largura da fenda (cerca de 2 a 3 mm) até que seja possível ver o espectro projetado no anteparo. Para determinar o comprimento de onda das diferentes radiações emitidas pela lâmpada, é necessário observar simultaneamente o espectro projetado e a escala graduada. Para isso vamos iluminar a escala através de uma abertura lateral (um furo de 1 cm de diâmetro na lateral oposta à fenda). Dessa forma é possível medir a distância 'x' entre a franja central (na posição da fenda) e a franja cujo  $\lambda$  se quer determinar, conforme indica a figura abaixo.

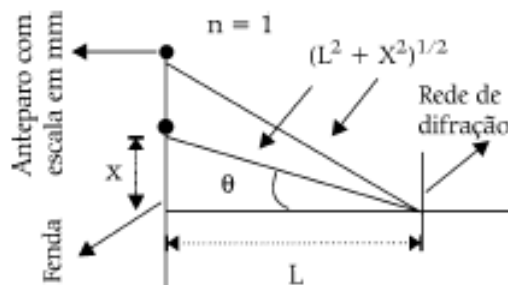


Figura 15. Difração dos raios.

Dependendo do tamanho da caixa é possível observar também o espectro de segunda ordem ( $n = 2$ ). Escolha  $n = 1$  e determine  $\text{sen } \theta$

fazendo, sendo  $L$  o comprimento da caixa e então  $l = d \sin \theta$ , onde  $d = 1/600$  trilhas/mm. Lâmpadas incandescentes produzem espectros contínuos, isto é, os comprimentos de onda emitidos por um sólido incandescente são tão próximos que não percebemos separação entre eles. Já as lâmpadas luminescentes, que têm gases em seu interior (muitas vezes mercúrio), emitem um espectro discreto característico do gás, isto é, alguns comprimentos de onda bem distintos. Use seu espectroscópio para estimar os comprimentos de onda do mercúrio e discuta com seus alunos a natureza discreta dos espectros gasosos. Esta é uma sugestão para introduzir um tema tão importante na Física e Química quanto ao modelo atômico de Bohr.

# **CAPÍTULO III**

## **Conclusão**

### 3. CONCLUSÃO

O ensino de Física deve propiciar ao aluno entendimento do mundo físico que o cerca, bem como a relação das novas tecnologias com a perspectiva da mudança do cenário sociocultural da humanidade. Ainda na Europa do século XIX se iniciou um movimento social intenso devido a Revolução Industrial e “causou uma série de transformações políticas, econômicas e sociais” (Remond, 1981, p. 55).

Certamente, tal acontecimento histórico se deve ao avanço tecnológico da época que, através dos estudos de James Watt sobre o vapor, aperfeiçoou o trabalho de Heron de Alexandria de séculos anteriores fazendo da máquina a vapor o instrumento principal destas mudanças, o que acabou por modificar completamente mundo a partir de então. Hoje, as mudanças tecnológicas são percebidas com maior frequência e em diferentes ramos da sociedade. A Nanotecnologia está cada vez mais desenvolvida e é aliada fundamental na melhora da condição de vida humana, proporcionando conforto e eficácia nas transmissões de informações, por exemplo, por intermédio de celulares com dimensões reduzidas, porém, com uma gama funções ainda maior e mais sofisticada.

A inserção da Física Moderna no Ensino Médio de maneira efetiva e não apenas superficial pode colocar o aluno numa posição privilegiada quanto ao conhecimento de novas tecnologias, seu funcionamento, sua utilidade e suas consequências para a humanidade. A Física Clássica, bela por sua clareza e funcionalidade, é passível de transposição didática sem muito esforço e com resultados satisfatórios de aprendizagem. Já a Física Moderna, complexa, filosófica e experimental, necessita de maiores cuidados no ensino. No entanto, a Física Clássica aplica-se apenas em situações que limitam o espaço e o tempo e a Física Moderna abrange certa totalidade, é universal, pois se preocupa com o “todo”, sendo, por essa razão, complexa.

A Física apresentada nas escolas, em sua maioria, se através de aulas expositivas, onde apresentam uma dependência demasiada de cálculos matemáticos para comprovação e demonstração de fenômenos

físicos. Um novo olhar sobre o ensino de Física necessita que o docente faça uso de experimentos como comprovação de fenômenos físicos. Embora os laboratórios se encontrem em condições precárias na grande maioria das instituições públicas de ensino no país, podem-se construir experimentos com materiais alternativos, como sucatas ou até mesmo equipamentos de fácil aquisição e de domínio dos alunos.

Deve-se valorizar o bom profissional da educação que prima por qualidade no ensino, seja em qualquer nível de ensino. A Física Moderna instiga tanto o aluno quanto o professor, pois este necessita estar atualizado com o mundo tecnológico, realizando constantes leituras sobre o tema.

Através de uma proposta de estratégias diferenciadas para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio, este projeto destaca-se pela tentativa de inovar no ensino, propondo não apenas a realização de uma abordagem teórica sobre a história da Física Moderna ou a biografia de importantes personalidades do mundo científico da época, mas sim a realização de experimentos simples e de relativa assimilação e compreensão por partes dos alunos através de materiais alternativos.

## REFERÊNCIAS

CATELLI, Francisco; LAZZARI, Fernanda. Interferência da Luz: Uma versão Simplificada do Modelo de Lloyd. **Física na Escola**. São Paulo, v. 5, n.º. 2, p. 20-22, 2004.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane RC. Medir a velocidade do som pode ser rápido e fácil. **Física na Escola**, v. 4, n. 1, p. 2-30, 2003.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane RC. Uma caixinha para estudo de espectros. **Física na Escola**, v. 3, n. 2, p. 40-42, 2002.

FRIGOTTO, Gaudêncio. Sujeitos e Conhecimento: Os Sentidos do Ensino Médio. **Ensino Médio: Ciência Cultura e Trabalho**. Brasília, MEC, SEMTEC, 2004.

HERNANDES, Cláudio Lins. **Atividades Experimentais no Ensino de Física Moderna na Escola Média**. 1991. Dissertação de Mestrado. Santa Maria: Programa de Pós-Graduação em Educação, Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria.

LABURÚ, Carlos Eduardo; SILVA, Dirceu; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Analisando uma situação de aula de termologia com o auxílio do vídeo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 100-105, 2000.

MACIEL, Lizete Shizue Bomura. **Formação de Professores: Passado, Presente e Futuro**. São Paulo, Cortez, 2004.

NUNES, Clarisse. **Ensino Médio**. Rio de Janeiro, DP&A, 2002.

PERRENOUD, Philippe. **Novas Competências para Ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

REMOND, René. **O Século XIX, 1815-1914**. São Paulo: Cultrix, 1981.

STUDART, Nelson; MOREIRA, Ildeu. Theodoro Ramos e a Física Moderna no Brasil. **Física na Escola**. São Paulo, v. 5, nº. 2, p. 34-36, 2004.

TERRAZZAN, Eduardo A. **Perspectivas para a Inserção de Física Moderna na Escola Média**. 1994. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.



# ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

No cenário educacional contemporâneo, o ensino de Física Moderna no Ensino Médio se destaca como um desafio fascinante e crucial. Este livro, intitulado “Estratégias para o Ensino de Física Moderna para o Ensino Médio”, surge como uma ferramenta indispensável para professores que buscam aprimorar sua prática pedagógica e capacitar os estudantes a compreenderem os princípios fundamentais da física que moldam o mundo ao seu redor.

Home Editora  
CNPJ: 39.242.488/0002-80  
[www.homeeditora.com](http://www.homeeditora.com)  
[contato@homeeditora.com](mailto:contato@homeeditora.com)  
91988165332  
Tv. Quintino Bocaiúva, 23011 - Batista  
Campos, Belém - PA, 66045-315

