
O MÉTODO DA REDESCOBERTA ORIENTADA E A CRIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE UM LABORATÓRIO DE ACÚSTICA PARA O CURSO DE FÍSICA

A. D. Tavares¹
R. A. Gonçalves Ledo
C. A. De Azevedo
A. J. Santiago
Instituto de Física – UERJ
Rio de Janeiro – RJ

Resumo

Neste artigo é discutido e mostrado o texto do curso, o qual inclui a parte experimental, formando um só corpo. É feito um histórico do processo de criação do laboratório, sendo ponto importante a busca de equipamento já existente na Universidade. São levantadas e analisadas as principais dificuldades encontradas pelos alunos, frente a cada prática. É apresentado um balanço do que já foi feito, bem como os planos futuros, tanto em relação às instalações quanto à inclusão de novos tópicos no curso.

I. Discussão do curso

I.1 Filosofia da divisão de disciplinas no curso de física da UERJ

Ao contrário de várias Universidades, em que as cadeiras de Física do curso básico acham-se divididas em Física I, II, III, etc., no IF-UERJ dividiu-se o curso básico em várias disciplinas segundo as regiões do conhecimento a que se referem: temos a disciplina de Mecânica Física, que trata da mecânica; a disciplina de Termologia, na qual estuda-se o calor e seus efeitos; a disciplina de Eletrici-

¹ In memoriam.

dade e Magnetismo, que estuda os fenômenos eletromagnéticos; a disciplina de Ótica, em que se estuda a luz e os fenômenos a ela relacionados; e a disciplina de Acústica, que estuda o movimento ondulatório, o som e os fenômenos acústicos em geral. Cada uma dessas disciplinas tem uma estrutura própria, com um corpo de conhecimentos de Física e Matemática, que exige habilidades específicas e é composta das partes teórica, experimental e técnica.

Talvez, a esta altura, o leitor esteja se questionando: “Para que esta divisão? Tanto faz um professor entrar em sala para lecionar Física III ou Eletricidade e Magnetismo e Ótica, desde que os programas das disciplinas coincidam”. A resposta é simples. O aluno, ao matricular-se na disciplina, por exemplo, de Eletricidade e Magnetismo (com 5 créditos), o faz, concomitantemente, com a disciplina de Ótica (com 4 créditos), tendo horários distintos para as aulas teóricas e práticas de cada disciplina. Assim corrigimos uma falha comum dos cursos, que consiste em não lecionar todo o programa por falta de tempo, pois se essas disciplinas viessem com o nome de Física III, tal que o número de créditos coincidisse com a soma dos créditos de Eletricidade e Magnetismo e Ótica, haveria o problema de se começar o curso com um desses assuntos, por exemplo com Eletricidade e, se o professor gostasse mais dessa parte, esse assunto seria muito mais desenvolvido que os outros, chegando no final do curso sem tempo para se estudar as demais partes. Tal falha ainda ocorre na disciplina introdutória de Mecânica, denominada Mecânica Física, na qual estão incorporados os programas de Hidrostática e Hidrodinâmica que, freqüentemente, não são desenvolvidos em sala de aula por falta de tempo. Assim, a experiência mostra que o ideal seria ter uma disciplina isolada para cada parte da Física, com um laboratório próprio.

I.2 Filosofia da forma como é lecionada a disciplina de acústica

A disciplina de Acústica, tal como apresentamos, faz parte de um corpo mais geral de disciplinas que utilizam um método característico de aprendizagem denominado **Redescoberta Orientada**⁽¹⁾ (teremos oportunidade de comentar esse método mais tarde). A disciplina de Acústica foi totalmente estruturada dentro desse contexto de ensino.

A princípio, a cadeira de Acústica não era mais que uma complementação do curso de Mecânica (vê-se claramente pela estruturação do texto da Seção II). Hoje a visão é outra e essa parte tende a ser considerada como uma revisão – com aplicações em laboratório, o que possibilita um maior desenvolvimento dos tópicos da Acústica propriamente dita – do que foi estudado em Mecânica.

A nosso ver, a investigação teórica está intimamente entrelaçada com

a investigação experimental, pois ambas se completam. A investigação teórica, muitas vezes, sugere novas experiências e a pesquisa experimental (necessária para comprovar uma teoria) é o elo entre o homem e a natureza. Assim sendo, cada tópico do curso de Acústica vem acompanhado de uma aplicação prática (veja ref. 4, por exemplo), que faz com que o aluno teste a teoria no laboratório, e adquira, assim, maior confiança no que aprendeu. Isso desenvolve o interesse pela experimentação, pois o aluno consegue reproduzir os fenômenos, com erros extremamente pequenos (da ordem de 5%), entre os resultados previstos teoricamente e os obtidos em laboratório.

1.3 Filosofia da redescoberta orientada

Esse método de estudo teórico-prático individualizado faz parte de uma filosofia de ensino, desenvolvido por A. D. Tavares⁽¹⁾. Não se trata do método da redescoberta, pois não poderíamos usá-lo para cumprir um programa relativamente extenso, mas de uma variante desse método, que dará ao aluno possibilidade de transferir conhecimentos. Parte-se de um mínimo de conhecimentos, que são transferidos para a prática, visando, com essa transferência, adquirir mais conhecimentos, criando assim, um ciclo. Tal método visa levar o aluno ao processo de transferência de conhecimentos, ou seja, faz com que o aluno que possui um certo conhecimento, aplique-o para resolver novos problemas, investigando e, assim, adquirindo mais conhecimentos.

Ao contrário daqueles que advogam a redescoberta não auxiliada, acreditamos que o fato de orientarmos o aluno na redescoberta de princípios em nada afeta a transferência e a retenção de conhecimentos, apresentando, também, a vantagem de propiciar um sensível aumento no acervo de conhecimentos adquiridos. Contudo, levamo-nos a questionar: “Até que ponto se pode orientar o aluno sem prejuízo do método?” Devemos lembrar que se trata de um método baseado na redescoberta que não nos permite, simplesmente, responder a todas as questões surgidas, pois se assim o fizéssemos não estaríamos levando o aluno a descobrir ou redescobrir nada, mas, apenas, a receber soluções prontas para os problemas a ele apresentados.

Assim, o método da redescoberta orientada exige que o professor oriente o aluno apenas quando este se encontrar diante de um impasse, ou que o professor dê sugestões e esclarecimentos que lhe permitam alcançar a solução de um problema por si só. Dessa maneira, leva-se o aluno a transferir conhecimentos agindo como os pesquisadores procederam para alcançar os conhecimentos que são ensinados.

Em suma, o método da redescoberta orientada consiste em conduzir o aluno, através da observação e de uma atitude de estudo, à solução de um problema real. Esse problema, que é proposto pelo professor, deve ser resolvido por processos que exigem reflexão, raciocínio, observação e experimentação, e cabe ao professor conduzir o aluno para a solução verdadeira, orientando-o.

I.4 A viabilização da parte prática

O ensino da Física deve ser composto por uma parte teórica e uma experimental para que o aluno possa desenvolver suas habilidades específicas e, realmente, compreender a teoria. Ele terá que “viver” a parte experimental. Ele terá que fazer todas as práticas, acostumando-se a trabalhar com o instrumental e a montar as experiências. Nesse sentido, o ensino de Física tem que ser individual e portanto, há a necessidade de colocarmos um laboratório à disposição de cada aluno. À primeira vista esse parece um problema sem solução. O método (que julgamos) teoricamente mais eficaz pode ser colocado em prática (não há dinheiro para a aquisição de tantos laboratórios). A única solução seria inventar um laboratório para cada aluno, com o qual ele pudesse fazer todas as práticas essenciais para a aprendizagem do conteúdo teórico e para o desenvolvimento de suas habilidades e que estivesse à sua disposição a qualquer momento, podendo ser montado sobre sua escrivaninha de estudo, e fosse barato.

Foi com esse objetivo e por esses motivos, que A. D. Tavares idealizou o “Estojo de Física”, inicialmente, para o curso de Mecânica Física. Algum tempo depois do projeto desenvolvido, com financiamento obtido junto à SESU (Secretaria de Ensino Superior), A. D. Tavares começa a construção dos kits no NEPEC (Núcleo de Estudos e Pesquisas Científicas do Rio de Janeiro) com posterior doação à UERJ. Essas conquistas e suas conseqüências foram apresentadas no V SNEF em 1979⁽³⁾.

Dado o bom resultado do trabalho realizado na Mecânica, A. D. Tavares, mediante a incorporação de algumas peças, conseguiu estender a utilização dos kits à Acústica. Entretanto, a disciplina de Acústica ainda continuava a se manter precariamente, pois embora já tivesse algum material específico para o laboratório, ainda não dispunha de sala para as aulas práticas, sendo lecionada, provisoriamente, no Laboratório de Calor. O curso baseou-se na primeira versão da apostila teórico-prática referente ao curso de Acústica escrita por A. D. Tavares⁽²⁾.

II. Discussão do texto

O texto inicial, escrito por A. D. Tavares⁽²⁾, foi revisto por ele mesmo e está sofrendo uma nova revisão com vistas à publicação.

O Curso de Acústica é composto, atualmente, de três partes:

Primeira parte: - complementação do curso de Mecânica, incluindo MHS e elasticidade e

- complementação de Matemática, com uma visão terminal de métodos Numéricos.

Segunda parte: - MHA, MHF, Batimentos e Ressonância, Transferência de Energia, etc, e

Terceira parte: - Ondas.

A primeira parte está começando a ser transferida para o Curso de Mecânica Física II, de forma que haverá tempo disponível para abranger mais o conteúdo de Acústica.

É importante frisar a nossa preocupação com a continuidade pedagógica do curso. Acreditamos que não seja válido começar a cadeira pelo seu início formal sem que o conteúdo anterior tenha sido realmente lecionado. Por isso, nos preocupamos em ensinar a matéria que vai ser necessária para a continuidade do curso.

Pretendemos que a segunda parte passe a ser vista na cadeira de Mecânica Geral I, possibilitando-nos apresentá-la como revisão e, portanto, ganhando mais tempo para aprofundar mais o conteúdo na parte específica de Acústica: radiação e espalhamento da onda sonora, arquitetura acústica, etc...

Atualmente, o texto do curso está escrito até o tópico de Corda Vibrante, devendo ser ampliado com itens de Ondas em Barras, Ondas em Tubos, Efeitos Fisiológicos do Som, etc.

III. Relação das práticas

- 1- Movimento Harmônico Simples (MHS – mola);
- 2- Pêndulo físico de um corpo simples;
- 3- Pêndulo físico de um corpo composto;
- 4- Pêndulo simples;
- 5- Alcance;
- 6- Pêndulo de torção;

- 7- Pêndulo de flexão;
- 8- Composição de dois MHS ortogonais de frequências quase iguais;
- 9- Composição de dois MHS ortogonais de frequências diferentes;
- 10- Movimento Harmônico Amortecido (MHA – comparação de diferentes amortecimentos);
- 11- MHA (perda de energia);
- 12- MHA (molas em série);
- 13- Ressonância (transferência de energia entre dois pêndulos iguais);
- 14- Ressonância (idem para pêndulos de massas diferentes);
- 15- Batimento;
- 16- Ressonância (transferência de energia entre pêndulo e mola);
- 17- Ressonância (conversão entre dois tipos de MHS);
- 18- Ressonância (Cilindro Dançante);
- 19- Corda Vibrante; e
- 20- Tubo de Kundt.

IV. Discussão das Práticas

FIG	NOME	DESCRIÇÃO	DIFICULDADES ENCONTRADAS	PRECISÃO
1	MHS (mola)	Determinação, estática e dinamicamente, da constante elástica de uma mola.	Dificuldade na utilização de dois sistemas de unidades e na contagem no tempo (perda de uma oscilação – erro comum em todas as práticas).	Alta
2	Pêndulo físico de um corpo simples.	Determinação do momento de inércia de um corpo simples pela sua frequência de oscilação.	Dificuldade nos cálculos teóricos envolvendo momento de inércia de um corpo em relação a um eixo perpendicular ao seu comprimento.	Alta

3	Pêndulo físico de um corpo composto	Determinação do momento de inércia de um sistema de corpos pela sua frequência de oscilação.	Dificuldade nos cálculos teóricos envolvendo momento de inércia de um sistema de corpos e determinação do centro de gravidade do conjunto.	Alta
4	Pêndulo simples	Determinação da aceleração da gravidade pela frequência de um pêndulo simples.	Dificuldade nas medidas de comprimento e contagem de tempo (muitas oscilações). Dificuldades nos cálculos teóricos (aplicação de métodos numéricos).	Alta
5	Alcance	Verificação do alcance de uma esfera em função da altura de onde ela é abandonada.	Dificuldade na montagem (colocação da extremidade da calha na horizontal), nas medidas de altura e do alcance. Dificuldade nos cálculos teóricos (transferência de conhecimento sobre métodos numéricos).	Média
6 (1) e (2)	Pêndulo de torção	Determinação estática e dinâmica do módulo de rigidez de um material.	1ª montagem: nenhuma dificuldade significativa. 2ª montagem: dificuldade na montagem (a haste girada de 90 graus nem sempre volta à posição original).	Média
7	Pêndulo de flexão	Determinação estática e dinâmica do módulo de elasticidade de um material.	1ª montagem: dificuldade na contagem das oscilações (muito rápidas) 2ª montagem: dificuldade na medida da deflexão e na colocação de peso.	Baixa

8	Composição de 2 MHS de frequências quase iguais.	Determinação da frequência com que se repetem as figuras resultantes da composição de dois MHS ortogonais de frequências quase iguais.	Dificuldade nas medidas dos comprimentos, bem como na observação do período (pois ele é muito longo, o que exige perspicácia para sua perfeita determinação).	Alta
9	Composição de 2 MHS de frequências diferentes.	Determinação da frequência de oscilação da composição de 2 MHS ortogonais de frequências quase múltiplas. Observação das figuras de Lissajous.	Idem	Média
10	MHA (comparação de diferentes amortecimentos).	Verificação da variação do coeficiente em função da área exposta de amortecimento de 1 MHA no ar.	Nenhuma dificuldade significativa.	Prática qualitativa

11	MHA (perda de energia).	Verificação da torção e flexão da mola presa ao laço e determinação da perda de energia através da diminuição da amplitude durante um intervalo de tempo.	Dificuldade na medição simultânea das amplitudes e contagem do tempo.	Alta
12	MHA (molas em série).	Determinação do período utilizando duas molas em série.	Idem	Média
13	Ressonância (transferência de energia entre dois pêndulos iguais).	Verificação da transferência de energia entre dois pêndulos de massas iguais. A energia do pêndulo A transferida para o pêndulo B é igual à energia inicial de A .	Dificuldade na montagem (colocação da linha que une os dois pêndulos) e na medição das amplitudes.	Prática qualitativa
14	Ressonância (idem para os pêndulos de massas diferentes).	Verificação da transferência de energia entre dois pêndulos de massas diferentes e da amplitude da oscilação de cada um dos pêndulos.	Idem	Prática qualitativa

15	Batimento	Verificação da transferência de energia entre vários pêndulos de massas diferentes.	Dificuldade na montagem (colocação de pêndulos de massas e comprimentos diferentes).	Prática qualitativa
16	Ressonância (transferência de energia entre pêndulo e mola).	Determinação do comprimento L do pêndulo simples que provoca a ressonância entre o movimento harmônico da mola e o movimento pendular simples.	Nenhuma dificuldade significativa.	Alta
17	Ressonância (conversão entre dois tipos de MHS).	Verificação da conversão do movimento harmônico da mola em movimento pendular simples.	Dificuldade na montagem (colocação do fio que une o pêndulo às molas).	Alta
18	Ressonância (cilindro dançante).	Verificação da ressonância entre o movimento de distensão da mola e o de rotação. A energia de um movimento se transfere para o outro.	Nenhuma dificuldade significativa.	Alta

19	Corda vibrante	Verificação dos modos de vibração de uma corda e dos possíveis comprimentos de onda.	Dificuldade na montagem (acoplamento estrutura-fio).	Média
20	Tubo de Kundt	Verificação da ressonância entre a vibração da barra e do ar contido no tubo. Determinação do número de semi-comprimentos de onda no tubo.	Dificuldade na determinação da distância entre dois nós e na observação que deve ser feita simultaneamente com o manuseio do pistão.	Média

V. Referências Bibliográficas

1. TAVARES, A. D. O ensino da Física. In: Monografias do Núcleo de Estudos e Pesquisas Científicas do Rio de Janeiro – NEPEC, série Ensino, n. 2, 1960.
2. TAVARES, A. D. **Introdução à acústica**. Publicação interna, IF/UERJ.
3. TAVARES, A. D. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 5, PUC – RJ. Rio de Janeiro, 1979.
4. TAVARES, A. D.; AZEVEDO, C. A.; SANTIAGO, A. J.; GONÇALVES LEDO, R. A. Submetido à R. B. E. F. (1989).