

## **As diferentes abordagens do conteúdo de Cinemática nos livros didáticos do ensino de Ciências brasileiro (1810-1930)**

**Roberto B. Nicioli Junior<sup>1</sup> e Cristiano Rodrigues de Mattos<sup>2</sup>**

Instituto de Física. Universidade de São Paulo. Brasil. E-mails: [robj@if.usp.br](mailto:robj@if.usp.br); [mattos@if.usp.br](mailto:mattos@if.usp.br)

**Resumo:** Este trabalho tem o objetivo mostrar como o conteúdo de Cinemática foi abordado ao longo do século XIX até a década de 1930. Destacamos também que alguns livros estrangeiros tiveram grande influência no ensino de Física brasileiro, uma vez que no início do século XIX não existiam autores de livros didáticos nacionais nesta disciplina. Esse fenômeno não ocorreu apenas no Brasil, uma vez que os mesmos livros também foram referência em outros países. Salientamos momentos importantes como no meio do século XIX, quando aparece uma ênfase de caráter experimental nos livros didáticos de Física, e em particular no conteúdo de cinemática. Também abordaremos alguns momentos históricos que influenciaram o cenário educacional brasileiro e que contribuíram, principalmente no início do século XX, para que outros livros didáticos estrangeiros e com diferentes abordagens fossem selecionados. Dessa forma, fundamentamos as principais mudanças ocorridas nos livros didáticos, o que nos ajuda a compreender, por exemplo, porque a Cinemática teve uma abordagem reduzida no início do século XIX, assim como, quais as mudanças sofridas por esse conteúdo ao longo do tempo para que adquirisse a forma algebrizada e tradicional da qual apresenta traços até hoje.

**Palavras chave:** Livro didático física, disciplina, currículo e ensino de ciências.

**Title:** The different approaches of kinematics contents in textbooks of Brazilian science teaching (1810-1930).

**Abstract:** The main objective of this work is to show how were presented the contents of Kinematics in Science textbooks in Brazil during the 19th century until the decade of 1930. We point out that some foreign textbooks had great influence in the Brazilian Physics teaching, once in the beginning of the 19th century there are no Brazilian Physics textbooks authors. Therefore, this phenomenon did not happen only in Brazil, once the same textbooks were references in other countries. We also showed some reasons that, in the middle of the 19th century, the emphasis in the experimental character appeared in Physics textbooks, especially in the kinematics content. Therefore, we based how textbook changes happened. We will also present some historical moments that influenced Brazilian education scenario, and

contributed to the selection of foreign Physics textbooks with different approaches, mainly in the beginning of the 20th century. It helps us to understand, for instance, why Kinematics has been overlooked in the beginning of the 19th century, and which changes it suffered along time to acquire an algebrized and traditional form which appears until our days.

**Keywords:** Physics textbook, discipline, curriculum, science education.

### **Introdução**

O século XIX e início do século XX foi um período muito importante para o ensino brasileiro, principalmente com relação aos livros didáticos. No Brasil, a publicação dos primeiros livros didáticos foi com a instalação da Imprensa Régia em 1810. Antes disso, para o ensino elementar, por exemplo, observa-se que “o abandono em que permaneceu a escola elementar no país, do Descobrimento ao Império, e os objetivos extremamente modestos desta, limitada à simples alfabetização e os rudimentos da aritmética, permitem supor que, de modo geral, o ensino elementar do Brasil foi um ensino sem livro, durante três séculos e meio de história” (Pfromm Neto, 2004, p. 169).

A Imprensa Régia foi o marco inicial da produção didática brasileira que, desde então, cresceu exageradamente gerando discussões sobre sua importância econômica e sobre o papel do Estado como agente controlador e consumidor dessa produção (Bittencourt, 2003).

Em sua história, o livro didático, sempre esteve diretamente ligado aos seus autores que, em sua grande maioria, sempre seguiam os programas oficiais propostos pelas políticas educacionais. “Os conflitos, tensões, acordos, discriminações, satisfações, fazem parte da história dos autores dos livros...” (Bittencourt, 2004, p. 479).

Por exemplo, no início do século XIX o currículo nacional era predominantemente humanístico não dando espaço para disciplinas de caráter científico. Disciplinas como retórica, línguas, filosofias etc tinham como função desenvolver o intelecto dos indivíduos a fim de capacitá-los para o ensino superior dando ao ensino secundário um caráter propedêutico. Disciplinas de caráter científico não tinham uma função nesse processo ficando praticamente excluídas do currículo. Dessa forma, o currículo tinha um enfoque “em textos de longa tradição e sobre a língua necessária à comunicação, à persuasão, suporte indispensável, até mesmo consubstancial, do pensamento. A língua integra o indivíduo em uma elite, em uma nação, em uma cultura, que ele partilha ao mesmo tempo com seus ancestrais e com seus contemporâneos” (Chervel, 1999, p. 149).

Essa exclusividade das disciplinas humanistas era imposta pelo sistema de admissão ao ensino superior no Brasil chamado preparatório. Esses preparatórios eram os certificados exigidos para o ingresso no ensino superior sendo composto por disciplinas de caráter humanístico. Vale lembrar também que nessa época não era necessária a formação de pessoas para o desenvolvimento tecnológico do país, já que a mão-de-obra era

exclusivamente escrava sendo desnecessário qualquer avanço científico (Haidar, 1972). Livros didáticos desse período, como veremos, apresentam uma abordagem descritiva dos conceitos de Física baseados em exemplos hipotéticos sem vínculos com o cotidiano.

No final do século XIX inúmeros acontecimentos históricos ajudaram no desenvolvimento científico. A abolição da escravatura, a chegada de grande contingente de imigrantes e a experiência de um novo regime político (República) aconteceram exatamente na época do primeiro surto industrial. “O incremento da industrialização, a crescente urbanização e a introdução de um contingente cada vez maior de estratos médios e populares vão resultar na transformação da demanda social pela educação, que organizada em distintos movimentos políticos, reclama a organização de um sistema nacional de ensino” (Oliveira, 2007).

Com o mercado necessitando de pessoas com conhecimento científico para as novas tecnologias, os estudos científicos passaram a fazer parte da formação do estudante secundarista brasileiro. Além disso, o enfoque passou da retórica e escrita para a observação, fato que é contemplado no currículo científico. Veremos mais adiante que os livros didáticos do final do século XIX apresentam uma Física baseada em experimentos para a explicação dos fenômenos naturais. Carreiras como a dos engenheiros e dos médicos ganham ascensão e adeptos entre os estudantes. Essas mudanças são visivelmente observadas quando se estuda a história da disciplina Física, ênfase que não será dada neste artigo, uma vez que já foi realizado em outro trabalho (Nicioli & Mattos, 2007).

Evidentemente essas variações estão relacionadas com os momentos históricos descritos acima e que influenciaram os livros didáticos, uma vez que serviam (e servem) como principal instrumento de apoio nas salas de aula. Durante nossa análise faremos algumas referências a esses momentos com o intuito de contextualizar os resultados obtidos.

### **Desenho da pesquisa**

Para realizar a busca dos livros fizemos um levantamento no banco de dados LIVRES (Livros Escolares) criado pelo Projeto temático “Educação e Memória: Organização de acervos de livros didáticos” financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa (FAPESP).

Nosso levantamento se estendeu em outros sistemas de busca, como a base de dados DEDALUS da Universidade de São Paulo e a base de dados MINERVA da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Todos os livros didáticos levantados se encontram nas seguintes bibliotecas: Biblioteca do Livro Didático da Faculdade de Educação da USP; Biblioteca Paulo Bourroul da Faculdade de Educação da USP; Biblioteca da Escola Politécnica da USP; Biblioteca do Instituto de Física da USP; Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro; Biblioteca do Colégio Pedro II do Rio de Janeiro; Biblioteca da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Ao todo foram selecionados 28 livros didáticos. Para esse artigo,

devido à quantidade de livros, se torna inviável citar o conteúdo de todos, portanto, selecionamos os exemplos mais clássicos de alguns livros como exemplos, já que seguem, em alguns casos, o mesmo padrão na exposição dos conteúdos.

Como queremos caracterizar a história do conteúdo de Cinemática, nada mais coerente do que elencarmos todas as variáveis assumidas, identificando os conteúdos que existiram e existem, além de como se estruturavam e se faziam parte da Cinemática. Dessa forma, consideramos os seguintes conteúdos que foram abordados pelos livros aqui analisados: Mobilidade; Fundamentos da Cinemática (Ponto Material, Corpo Extenso, Referencial, trajetória, Repouso e Movimento); Movimento Uniforme; Movimento Uniformemente Variado; Cinemática Vetorial (hodógrafo); Queda livre; Movimento Circular; Composição de Movimentos; Lançamento de Projéteis.

### **Análise e resultados**

Nesse trabalho, identificamos quatro momentos distintos para a descrição do conteúdo de Cinemática. No primeiro, a abordagem do conteúdo foi “descritiva”, baseada na Filosofia Natural, e os fenômenos naturais tinham como responsável o “Ente Supremo”. Na metade do século XIX temos o segundo momento no qual a descrição ainda está presente, porém baseada em aparelhos ou aparatos físicos, ao qual nomeamos como “descritiva-experimental”. É também, no segundo momento, que pudemos identificar os “agentes físicos” como os regentes pelos fenômenos naturais. O terceiro momento é marcado pela abordagem “demonstrativa-experimental”, pois passa da descrição para a demonstração algébrica dos conceitos, porém ainda com experimentos, estamos na virada do século. Por último, nas primeiras décadas do século XX, temos a “algebrização” do conteúdo, momento que são dispensados os experimentos e as figuras, sendo substituídos por situações hipotéticas e as explicações científicas baseiam-se na razão. A seguir, faremos uma descrição dos quatro momentos exemplificando-os por meio dos livros didáticos.

#### *A Física descritiva e a Filosofia do movimento*

Nos primórdios das descrições dos fenômenos da natureza as explicações sempre estiveram apoiadas na Filosofia. É a partir do século XVI e XVII que aconteceram as primeiras revoluções científicas. Antes disso predominava a visão aristotélica que tinha como base uma explicação divina, ou seja, relacionada com o poder religioso. Com as novas descrições sobre os fenômenos naturais, se produzem um contraste entre o pensamento medieval e o pensamento moderno. Inicia-se um movimento para uma descrição da natureza baseada na matemática, o que “para Mario Shenberg, se inicia com o desenvolvimento da geometria (...) “o ramo mais antigo da Física”, quando atribui às observações dos astros o ponto de partida da Cinemática, entendida como a combinação entre as idéias geométricas e o conceito de tempo” (Wuo, 2003).

Entre aqueles que realizaram pesquisas sobre os fenômenos naturais a carreira de cientista não existia até o século XVII, sendo citados como filósofos da natureza. Os conceitos estavam ligados à Filosofia Natural quando se referiam à natureza como um todo e à Filosofia Experimental quando se referiam aos aspectos experimentais da ciência. Por exemplo, livros como de Etienne Barruel (1798) intitulado "La physique réédite en tableaux raisonnés ou programme du cours de physique fait à l'École Polytechnique" tratavam somente dos conceitos de Física, sem nenhuma aplicabilidade real ou relação com experimentação. Composto de quarenta e três páginas, sendo as cinco primeiras de apresentação do livro e as trinta e oito restantes em quadros, apresenta o conteúdo em folhas dobradas devido ao tamanho (Sampaio, 2004). Esse livro foi recomendado pelo Ministro Bernardo de Vasconcelos e traduzido pelo Cônego Francisco Vieira Goulart (Sampaio, 2004).

No prefácio o autor mostra que muitas partes da ciência estavam sendo desvendadas e "dentro da ordem metódica que adotei, creio que uma ciência que, em geral, tem por objeto as propriedades dos corpos, é obrigada a criar alguns nomes que não existem dentro da mesma (...)" (Barruel, 1798, p. 2 apud Sampaio, 2004, p. 45). Sobre o conteúdo de Cinemática, é citada somente a definição de mobilidade. Segundo Barruel (1798) a mobilidade é uma das propriedades constantes e essenciais, sem as quais é impossível conceber a existência de algum corpo. Sendo assim, o autor classifica a mobilidade como "a propriedade em virtude da qual os corpos podem trocar de lugar no espaço" (Barruel, 1798, p. VI apud Sampaio, 2004, p. 23).

Por meio de novos conceitos as observações e as explicações da natureza estavam mudando drasticamente. Por exemplo, a lei da inércia, teoria consolidada no século XVII, trocou um mundo governado por espíritos sutis, por outro preciso, como um mecanismo articulado (González, 2000). Porém não abandonaram a crença a um Deus, passando de um Deus geometra para um Deus relojoeiro. Ainda no século XIX vemos a necessidade de uma crença divina para a explicação dos conceitos, como no livro didático "Tratado Elemental de Physica" do Abade René J. Haüy de 1810 quando o autor salienta que a "Physica tem por objeto o conhecimento dos phenomenos da natureza. Na produção destes phenomenos, os corpos manifestão diversas propriedades, cujo estudo deve particularmente excitar nossa atenção; e indagando as leis estabelecidas pelo Ente Supremo para regular o exercício destas mesmas propriedades, he que nos elevamos até as theorias que servem de ligar os factos entre si, e de mostrar-nos sua mutua dependência" (Haüy, 1810, p. 27).

Na verdade até a primeira metade do século XIX as explicações dos fenômenos naturais tinham uma alusão a Deus como criador e proveniente do mundo, mostrando a forte base dessa explicação e que se demorou a aceitar as novas idéias. González (2000), ao tratar do ensino de Física na Espanha, mostra que os livros do começo do século XIX também tinham como referência uma manifestação divina na regência das leis naturais. No caso do livro "Tratado de Física Completo y Elemental presentado bajo un nuevo orden com los descubrimientos modernos" de Libes, A. (1818) "o Criador estabelecendo essas leis [naturais], as cobriu com um véu impenetrável, para gozar de um

privilégio exclusivo de conhecer a cadeia inteira do que foram os primeiros elos. O físico sempre prevenido contra os deslizes de uma imaginação exaltada, sábio e atento respeita essa sagrada barreira” (Libes, 1818, p. 12 apud Gonzáles, 2000, p. 61).

As novas teorias do século XVI e XVII, baseadas em experimentos e elaboradas artificialmente, tinham como intuito falsear as antigas teorias aristotélicas. Dessa forma cria-se uma revolução científica uma vez que o espaço entre a teoria para a explicação da natureza que existia e a recém descoberta era muito grande, “concretamente os fundamentos da Física moderna se assentam na: revisão conceitual dos antigos; uma nova metodologia; e o uso de instrumentos de observação e medida” (Gonzáles, 2000, p. 56).

Outra variável que revolucionou o conhecimento científico foi a de tempo. Sua consideração como variável no cálculo infinitesimal por Newton e Leibniz introduziu a relação de função para descrever os fenômenos. Além da experimentação e matematização outro fator que contribuiu para o desenvolvimento de uma revolução científica foram os modelos físicos que, favorecidos pela abstração matemática, aumentaram a possibilidade de calcular em função de hipotéticas manifestações naturais (Gonzáles, 2000). Por último, a construção de instrumentos científicos ajudou na objetividade da atividade científica para que explicasse com cada vez mais detalhes a realidade natural.

Isso levou os estudos para que primeiro fossem realizados em fatos isolados para depois relacioná-los a fatos mais gerais (teorias globais e unitárias). Na introdução do livro de Haüy (1810), vemos mais claramente essa idéia quando o autor destaca que “o fim de huma theoria eh ligar a hum facto geral ou ao menor número possível de factos geraes, todos os factos particulares que delles dependem. A indagação dos factos tem sido sempre nossos primeiros passos das sciências” (Haüy, 1810, p. VII).

Esse livro é uma herança clara da Filosofia Natural, pois era onde se tentava mostrar que a astronomia e a matemática tinham um valor importante por meio de tal filosofia e que “nada mais era do que outra forma de designar a ‘física’” (Valente, 1997, p. 17). Esses conceitos eram trabalhados de forma descritiva como, por exemplo, no livro de Haüy (1810) no qual a Mobilidade é descrita pela filosofia do movimento:

“II. Da Mobilidade (...)

XIII. A mobilidade he aquela faculdade que hum corpo tem de poder ser transportado de hum para outro lugar. Este estado se chama movimento suppõe a ação de huma cauza a que se deu o nome de força ou potência. Para que esta causa exista não he preciso que o corpo que ella solicita tenha um movimento real. Deste modo quando dois corpos se equilibram nas duas extremidades da alavanca de huma balança, elles conservão este estado por meio de forças realmente existentes, mas que seus

efeitos se destroem mutuamente, ou se limitão produzir nos corpos huma tendência a mover-se.

XIV. O movimento he uniforme, quando o móvel corre sempre o mesmo espaço no mesmo tempo; he acelerado ou retardado, quando o móvel corre, em tempos iguais, espaços que vão sucessivamente aumentando ou diminuindo". (Haüy, 1810, p. 31 e 32)

Quando o autor trata dos conceitos de velocidade mais especificamente utiliza-se apenas de uma aritmética simples:

"Da velocidade (...)

Dividindo o número que representa o espaço pelo qual representa o tempo, tem-se a velocidade de cada corpo. Suppondo-se, por exemplo, que hum dos corpos tem corrido 35 metros em 7 segundos, e o outro 24 metros em 6 segundos a velocidade do primeiro será  $35/7$  e a do segundo  $24/6$  ...". (Haüy, 1810, p. 33)

Para o movimento uniformemente variado o autor também utiliza da descrição:

"Suppondo-se agora o triângulo  $s$  e  $b$  subdividido por muitas linhas comprehendidas entre  $segh$ ,  $eil$ ,  $il$  e  $kn$ , etc estas linhas, partindo do ponto  $s$ , representarão as velocidades durante os instantes sucessivos infinitamente pequenos que compõe os tempos representados por  $sh$ ,  $sl$ ,  $sn$ , etc (...) Sendo assim he fácil obter-se a razão que seguem os espaços corridos em diferentes tempos consecutivos iguais entre si; porque se designamos o primeiro destes espaços pela unidade, he bem claro que os seguintes seguirão representados pela diferença entre os termos das séries 1, 4, 9, 16, 25, etc que designão os espaços, desde a origem dos movimentos. Logo os espaços corridos em tempos iguais e consecutivos, contendo desta mesma origem, estarão entre si como os números impares 1, 3, 5, 7, etc entre os quaes todos os seguem os primeiros dão as diferenças do que se trata". (Haüy, 1810, p. 44 e 45)

As figuras apresentadas estão no final do livro o que, evidentemente, se deve às limitações gráficas da época, sendo todo o corpo do texto descritivo, apresentando em alguns momentos exemplos numéricos como os citados anteriormente. As lustrações são figuras geométricas no qual o autor utiliza para fazer as descrições. Bittencourt (2004) ainda salienta que as limitações nesse período eram maiores. Por exemplo, o preço do papel e da tinta no Brasil era muito caro fazendo com que muitos autores optassem pela impressão na Europa. Isso favoreceu, em especial, as marcas editoriais francesas e portuguesas para que fossem adotadas no ensino brasileiro.

Pelas nossas análises podemos perceber que esse tipo de descrição se estendeu por várias décadas. Por exemplo, temos o livro "Lições Elementares de Physica" de Saturnino de Meirelles de 1856. Dr. Meirelles foi "médico, colaborador da Gazeta do Instituto Hahneumanianno e autor de vários tratados sobre medicina homeopática, gases e vapores" (Lorenz, 1984, p. 429). Muito

provavelmente este livro tenha sido usado pelos alunos como uma forma de estudo das lições, já que foi escrito pelo único professor de Física no Colégio Pedro II e citado no programa curricular do Colégio Pedro II como livro adotado (Vechia & Lorenz, 1998). Além disso, na sua capa encontramos a ressalva: "para uso de seus discípulos do Colégio Pedro II" (Meirelles, 1856, p. 1 apud Sampaio, 2004, p. 58).

De acordo com o programa do Colégio Pedro II esse livro foi o primeiro adotado de um autor brasileiro. Nesse livro o conteúdo é tratado em lições que são descrições dos conceitos das partes constituintes da Física (Sampaio, 2004). Outro livro que analisamos que apresenta esse tipo de abordagem descritiva é "Novos Elementos de Química Teórica e Prática" de Guerin-Varry de 1840. Como o próprio título indica, o livro trata dos conceitos de Química, mas "os alunos não tendo, ordinariamente, nenhuma noção de Física, quando chegam aos estudos da Química, eu coloquei no começo dessa obra aqueles que são indispensáveis à compreensão dos fenômenos químicos" (Guerin-Varry, 1840, p. 2).

Na primeira lição se percebe quais são os critérios de abrangência dos estudos da Física para o autor. Percebemos também que a explicação dos fenômenos físicos desloca-se do "Ente Supremo" citado por Haüy (1810) para os Agentes Físicos, pois "a physica he a sciencia que tem por objeto o estudo dos phenomenos que apresentam os corpos, em quanto estes não experimentão mudanças em sua composição. Chama-se Phenomenos physicos toda alteração produzida em hum corpo, sem mudança em sua composição. Exemplo: A queda de hum corpo, a produção de hum som."(...) As causas productoras dos phenomenos que apresentam os corpos são os Agentes Physicos. Estes agentes são a attracção universal, o calorico, a luz, o magnetismo, a eletricidade" (Meirelles, 1856, p. 1 apud Sampaio, 2004, p. 58).

Outro livro que explica os fenômenos naturais dessa mesma forma é "Noções de Physica e Chimica" de Ayres Albuquerque Gama de 1876. Para Ayres Albuquerque Gama (1876) "a sciencia tem por objecto o estudo das propriedades geraes dos corpos, e das modificações passageiras que elles soffrem, sob a influencia dos grandes agentes naturaes. Esses agentes são: a attracção, o calor, a eletricidade, o magnetismo, o som e a luz. A physica occupa-se unicamente das propriedades exteriores e apreciáveis (organolepticas) dos corpos; sem penetrar, como faz a chimica, no interior de sua constituição molecular" (Gama, 1876, p. 9).

No livro "Curso de Physica Elementar" de Joaquim Rodrigues Guedes (1868), por exemplo, podemos perceber a presença das duas figuras. Sobre o personagem divino o autor destaca que "o conjunto de todos os seres creados por Deus forma o Universo. Os principaes d'estes seres são os astros (...) e a Terra com todos os entes racionais e irracionais, sensíveis e insensíveis que a povoam ou entram na sua constituição" (Guedes, 1868, p.1) e sobre os agentes naturais ressalta que "pondo de parte os phenomenos que se referem a vida, e que cujo estudo pertence à História Natural, as causas primárias ou



agentes naturaes são apenas a gravitação ou atração mútua dos differentes corpos, e a origem dos phenomenos luminosos, caloríficos, electricos e magnéticos" (Guedes, 1868, p. 4).

Segundo Gonzáles (2000) houve um movimento científico nas décadas de 1850 e 1860 na Espanha para que as antigas idéias que explicavam os fenômenos naturais por meio de Deus fossem modificadas para a hipótese dos fluidos imponderáveis, chamados de Agentes Físicos. "Essa versão mecanicista dos fenômenos era um sintoma da modernidade introduzida na Espanha pela via dos programas e textos franceses principalmente". Como já destacamos, o ensino brasileiro esteve fortemente apoiado no esquema editorial francês, sendo refletidas muitas dessas modernidades em nosso ensino.

Sobre o conteúdo de Cinemática, o livro de Gama (1876) trata dos conceitos de movimento através da descrição, sem nenhuma fórmula ou expressão matemática:

"Quer rectilíneo, quer curvilíneo, o movimento se diz uniforme ou variado, segundo percorre ou não, em tempos iguaes, espaços também iguaes. A serie de posições que o móvel vai sucessivamente occupando em seu movimento cosntitue a trajetoria do móvel.

No movimento curvilíneo de um corpo exerce elle continuamente sobre a curva uma reacção que tende a afastal-o na direcção do raio; é o que se chama de força centrífuga, e se o corpo não estiver submettido a outra acção, essa força é directamente opposta á força centrípeta ou productora da inflexão da trajectória". (Gama, 1876, p. 15)

A partir da segunda metade do século XIX os livros didáticos começam a apresentar uma nova forma de expor seus conteúdos. Isso se deve ao fato de que na época "a atenção está mais centrada na eletricidade, magnetismo, acústica e ótica, campos que estavam "na ordem do dia" da pesquisa e neste sentido os livros enfatizavam um caráter de atualização para o ensino científico da época" (Wuo, 2003).

Uma citação curiosa sobre isso foi encontrada no prefácio do livro de Guedes (1868). Devido Guedes ter falecido antes da publicação de sua obra, outra pessoa (não identificada) escreveu seu prefácio fazendo alguns comentários sobre o livro. Sobre a adequação do livro às inovações tecnológicas da época comenta-se que "pareceu também conveniente ao autor, attendendo ao progressivo desenvolvimento da physica e á applicação quotidiana que se faz dos princípios d'esta sciencia, tratar mais detidamente de algumas matérias cuja importância esta acima de toda duvida, e taes como a barometria, thermometria, aerometria, hygrometria e meteorologia, e de outras que se têm tornado, por assim dizer, populares, como são, por exemplo, a photographia, as machinas de vapor, a galvanoplastia e a telegraphia electrica" (Guedes, 1868, p.VI). As modernidades científicas estavam sendo introduzidas no cotidiano das pessoas nessa época e compreendê-las era importante. Isso fez com que os livros de ciências, principalmente os de Física, assumissem

esse papel adquirindo uma forma enciclopédica do conhecimento. No próximo tópico faremos uma discussão dessa nova metodologia.

#### *As inovações nos livros didáticos de Física*

A partir da segunda metade do século XIX a abordagem dos livros didáticos expõe uma nova metodologia na abordagem da ciência. Essa mudança observa-se claramente nos livros portugueses e franceses que eram adotados para compor o ensino brasileiro. Percebemos nesses livros que a Física até então descritiva, agora contém fórmulas do movimento, figuras de aparelhos e aparatos físicos.

Os livros estrangeiros estavam se adequando à nova visão positivista da ciência e assim, “o conteúdo deixa de oferecer os elementos filosóficos e históricos que traduzem os embates em torno dos conceitos e teorias, e passa a analisar equipamentos fotográficos, fonógrafos, telégrafos, telefones, microfones, instrumentos de meteorologia e climatologia, bombas hidráulicas, motores, geradores etc” (Wuo, 2003).

Destacamos como um dos idealizadores dessa nova abordagem experimental os livros do autor Adolf Ganot que foi referência no Brasil e em diversos países como Uruguai, Espanha, México, Alemanha, Espanha entre outros (González, 2000; Parella, 2005). Ganot foi doutor em ciências físicas, diretor de estudos do laboratório de pesquisas físicas da escola prática de Hautes Études e foi bacharel em matemática e filosofia e professor de matemática e ciências físicas e naturais. Seu livro “*Traité Élémentaire de Physique*” foi considerado como um verdadeiro best seller e foi “publicado em 1851 e três anos mais tarde foi ampliado passando a incluir conceitos de meteorologia. O novo texto agora intitulado “*Traité élémentaire de Physique expérimentale et appliqué et de météorologie*” (1851) teve dezoito reedições até o final do século. A 17ª edição foi muito importante, visto que inclui experiências práticas e informações sobre os materiais e instrumentos necessários para o desenvolvimento das mesmas...” grifos do autor (Lorenz, 1984, p. 431).

González (2000, p. 72) ainda comentando que “se não o primeiro, é um dos iniciadores na intercalação de gravuras no texto, no acréscimo de exercícios resolvidos no final, salvo nas primeiras edições. Sem segurança, mas apoiado em referências e impressões de outros colegas estrangeiros, talvez seja este livro que mais tenha influenciado na organização dos ensinamentos de Física na Europa e América, desde que tais ensinamentos tiveram caráter curricular nos estudos secundários, profissionais e, também, nos primeiros anos das Faculdades de Ciências”.

*Da Física descritiva para a descritiva-experimental*

Como salientamos, a partir da segunda metade do século XIX, inúmeras inovações tecnológicas ocorreram e Ganot foi um dos principais autores que lançou em seu livro essas inovações por meio de ilustrações de aparelhos do cotidiano e de aparatos físicos. Em seus livros as explicações desses conceitos foram realizadas por meio de descrições de exemplos hipotéticos ou de aparelhos do cotidiano. A abordagem dos conceitos desloca-se da exclusiva descrição aritmética para a descrição por meio de experimentos ou aparelhos. Para a queda livre, por exemplo, foram colocadas figuras de aparatos físicos que, por meio de descrições do fenômeno, descrevem as leis e equações da queda livre. Na figura 1 estão representadas, por meio de ilustrações, as figuras usadas pelos principais autores dessa época como Ganot, Langlebert e Nobre. Podemos perceber que em (b) máquina de Atwood e (c) máquina de Morin existem letras que são usadas pelo autor na explicação do fenômeno da queda livre. Além dos aparelhos de Morin e Atwood, também foi usada a figura do tubo de Newton (a).

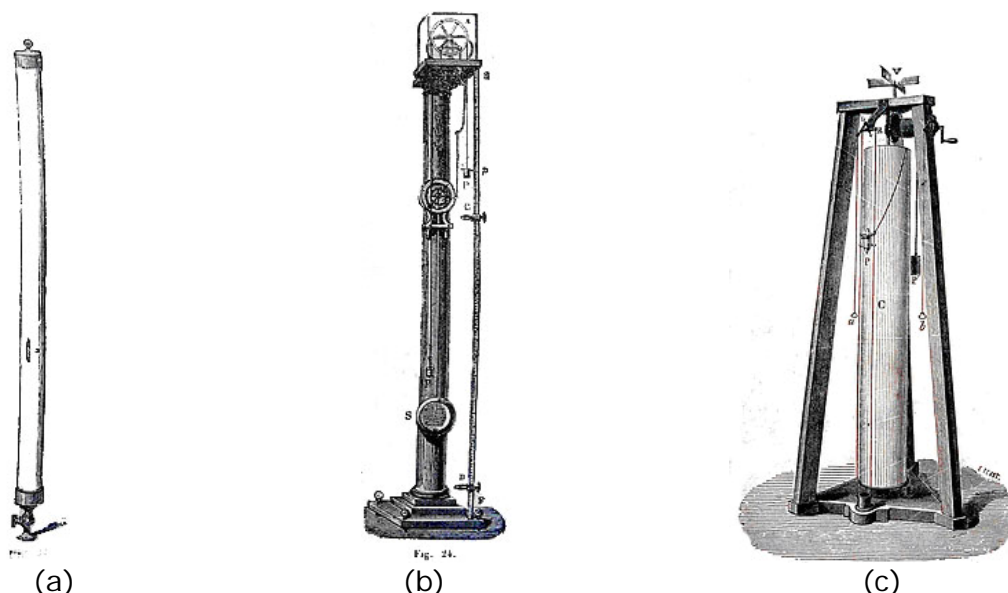


Figura 1.- (a) tubo de Newton; (b) Máquina de Atwood; (c) Máquina de Morin, in *Physica* (Langlebert, 1892-93, p. 35, 37 e 40).

Outra inovação muito importante para o ensino de Física, e que acreditamos ter sido introduzida por Ganot, são os exercícios que foram apresentados no apêndice do livro. Esses exercícios eram basicamente aplicações das fórmulas desenvolvidas no conteúdo.

Outro autor que também foi muito difundido no mundo é Joseph Langlebert. Seu livro "*Physica*" apresenta uma abordagem muito similar aos livros de Ganot. Na edição de 1892-93 a mobilidade se apresenta em um novo formato com conceitos de movimento e repouso (relativo e absoluto) diferente do livro

de Haüy (1810) e encontra-se nas propriedades gerais da matéria. Esse tipo de definição também esteve presente em todos os livros da mesma época que apresentaram esse conceito:

“20. A mobilidade é a propriedade que possui os corpos de poderem ser postos em movimento, isto é, de ocuparem sucessivas porções no espaço.

21. O movimento é o estado de um corpo que muda de posição no espaço. O repouso é o estado de um corpo que persiste no mesmo lugar do espaço. Divide-se o movimento em absoluto e retilíneo. O mesmo acontece com o repouso.

O movimento absoluto é o que se supõe efetuar-se em relação a certos pontos fixos no espaço. O repouso absoluto é a ausência completa de movimento. O movimento relativo é o de um corpo que se desloca em relação a outro corpo que está em movimento; exemplo: uma bola sobre o tombadilho de um navio em marcha. O repouso relativo é o de um corpo que se conserva a mesma posição em relação a outro que se move; exemplo: um objeto que fica parado sobre um navio em marcha. O movimento e o repouso absolutos não existem no sistema do mundo; nele não se observa senão o movimento e repouso relativos”. (Langlebert, 1892-93, p. 6)

Nesse mesmo livro os conteúdos “Lei da queda dos corpos”, “Maquina de Atwood” e “Máquina de Morin”, também são tratados neste livro, porém são apresentados em um capítulo a parte denominado “Complementar”. Podemos perceber também que a Cinemática além de ter uma abordagem descritiva são apresentadas as fórmulas do movimento, como podemos perceber no livro de Langlebert.

“Fórmulas – Designando-se por  $e$  o espaço percorrido por um móvel animado por um movimento uniforme; por  $t$  o tempo empregado em percorre-lo, e por  $v$  a sua velocidade, isto é, o espaço percorrido na unidade de tempo, ter-se-ha as fórmulas:

$$e = vt \text{ e } v = e/t$$

que representam as leis do movimento uniforme”. (Langlebert, 1892-93, p. 14)

Nesse mesmo livro de Langlebert (1892-93) são discutidos os estudos que englobam a Física. Esse mesmo conceito é repetido em todos os livros de Langlebert encontrados em nossa análise. Para ele a Física “é a sciencia que tem por objecto o estudo das propriedades geraes dos corpos e as modificações passageiras que elles experimentam sob a influencia dos grandes agentes naturaes. Estes agentes naturaes, também denominados causas geraes, e que provavelmente não são senão manifestações variáveis de uma força única universal, classificam-se na ordem seguinte, a qual correspondem as principaes divisões da Physica: a gravidade, o calor, a eletricidade, o magnetismo, o som e a luz” (Langlebert, 1892-93, p. 5).

*Da Física descritiva-experimental para a demonstrativa-experimental*

É na passagem do século XIX para o século XX que consideramos essa mudança de abordagem. É nesse período também que se inicia a utilização da álgebra a partir de esquemas e exemplos hipotéticos. Ainda consideramos como uma abordagem experimental porque esses livros ainda apresentam figuras de aparelhos e aparatos físicos para a explicação dos fenômenos. Não pudemos detectar exatamente quando ocorre essa transição de abordagens uma vez que não localizamos todas as edições dos livros analisados. Por exemplo, na edição de 1894 de Ganot, podemos perceber que esse novo tipo de abordagem inclui esquemas para a descrição dos movimentos além de conceitos mais avançados como limite.

Outra mudança que ocorre é na descrição da propriedade mobilidade. O conceito é descrito somente como “todo corpo que está em movimento” (Ganot, 1894, p. 13) sendo o restante das definições (movimento e repouso - relativo e absoluto) deslocadas para a introdução dos conceitos de Cinemática.

No apêndice do livro de 1894 pela primeira vez observamos exercícios de Cinemática. De um total de 116 exercícios, 5 são sobre Cinemática. Segue alguns exercícios para exemplificar a abordagem:

I – Durante quanto tempo deve cair um corpo no vazio para adquirir, em Paris, uma velocidade de 600m, que é aquela de uma bala de canhão? Solução:  $t=61,16$  s.

II – Qual é o tempo necessário a um corpo para cair, no vazio, de uma altura de 100m? Solução:  $t=14,28$  s”. (Ganot, 1894, p. 1180)

Outros autores apresentam uma álgebra que envolve grande parte do conteúdo, além de também conter descrições de experimentos e aparatos físicos. Por exemplo, no livro “*Traité de Physique Élémentaire*” de Drion et Fernet (1880) realizado em letras menores, uma vez que esses conceitos eram para um grau superior fazendo com que a utilização do livro expandisse para alunos de diversas séries (González, 2000). O português Francisco Ribeiro Nobre utilizou os desenvolvimentos algébricos e exemplos experimentais para tratar do conteúdo como, por exemplo, nas edições do seu livro “*Tratado de Physica Elementar*”. Em comparação a todos os livros analisados, é o que mais utiliza dessa ferramenta. No livro de Nobre também podemos perceber os agentes naturais como os grande causadores das modificações, pois “diz phenômeno toda a modificação que um corpo experimenta, quer seja o resultado da acção dos agentes naturais: gravidade, calor, luz, electricidade; quer de uns corpos sobre os outros” (Nobre, 1896, p. 4).

A seguir um trecho da abordagem utilizada por Nobre (1896):

**2.º O móvel está animado de velocidade inicial  $v_0$ , e o seu movimento é uniformemente acelerado. — Nesta hipótese, seguindo o raciocínio antecedente, as velocidades em cada um dos instantes sucessivos considerados, são respectivamente**

$$v_0 + \gamma \frac{t}{n}, \quad v_0 + 2\gamma \frac{t}{n}, \quad v_0 + 3\gamma \frac{t}{n}, \quad v_0 + 4\gamma \frac{t}{n}, \quad \dots, \quad v_0 + n\gamma \frac{t}{n};$$

**e os espaços percorridos durante cada intervalo  $\frac{t}{n}$  são**

$$v_0 \frac{t}{n} + \gamma \frac{t^2}{n^2}, \quad v_0 \frac{t}{n} + 2\gamma \frac{t^2}{n^2}, \quad v_0 \frac{t}{n} + 3\gamma \frac{t^2}{n^2}, \quad v_0 \frac{t}{n} + 4\gamma \frac{t^2}{n^2}, \quad \dots, \quad v_0 \frac{t}{n} + n\gamma \frac{t^2}{n^2},$$

**cujá soma é**

$$e = v_0 \frac{t}{n} \times n + \frac{\gamma t^2}{n^2} (1 + 2 + 3 + 4 + \dots + n) = v_0 t + \frac{1}{2} \gamma t^2 \left( 1 + \frac{1}{n} \right);$$

**donde, desprezando  $\frac{1}{n}$  por ser muito pequeno, resulta**

$$e = v_0 t + \frac{1}{2} \gamma t^2. \quad (5)$$

Figura 2.- Nobre (1896) realiza desenvolvimentos algébricos na página 28.

Sobre os exercícios, no apêndice do livro de 1896, são apresentados 60 exercícios sendo 3 de Cinemática que estão descritos abaixo:

“3. Durante que tempo deve cair um corpo no vácuo para adquirir a velocidade de 856m,6, sabendo-se que a aceleração da gravidade é 9m,8?”

4. Suppondo que um projectil foi impellido verticalmente de baixo para cima com uma velocidade vertical de 245m, calcular a duração da ascensão e a altura que se elevou o projectil. (...)

6. Calcular o espaço percorrido durante 8 segundos por um corpo que escorra sem attrito sobre um plano inclinado, cujo comprimento é 150m, 20 e a altura 22m, 70. A Aceleração da gravidade é de 9m, 8”. (Nobre, 1896, p. 550)

A matematização apresentada nos livros do começo do século XX não é exclusividade de Nobre. Podemos perceber essa abordagem em outro livro de Ganot, agora de 1923. No capítulo da queda livre também há uma descrição detalhada desse tipo de fenômeno. Muitas figuras e aparatos físicos representam esse capítulo, mas alguns desenvolvimentos algébricos também são apresentados.

“Fig. 52 – Imagem obtida por uma fotografia cronometrada de um corpo em queda livre.

Seja A um instante qualquer  $t$ ; B, C, D, E são os instantes  $t + \theta$ ,  $t + 2\theta$ ,  $t + 3\theta$ ,  $t + 4\theta$ . Então:

$$AO = at^2, OB = a(t + \theta)^2;$$

$$\text{ou } AB = OB - AO = 2at\theta + a\theta^2;$$

$$OC = a(t + 2\theta)^2;$$

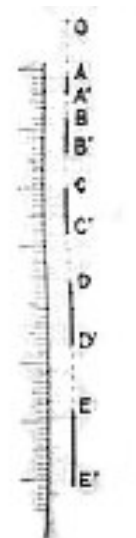
$$\text{ou } BC = OC - OB = 2at\theta + 3a\theta^2;$$

$$OD = a(t + 3\theta)^2;$$

$$\text{ou } CD = OD - OC = 2at\theta + 5a\theta^2;$$

$$OE = a(t + 4\theta)^2;$$

$$\text{ou } DE = OE - OD = 2at\theta + 7a\theta^2;$$



Temos que, se a lei  $e = at^2$  é verdadeira, as distâncias crescentes das imagens sucessivas seguintes são uma progressão aritmética (razão  $2a\theta^2$ ). (Ganot, 1923, p. 47)

Um livro dessa mesma época, mas que foge aos padrões da abordagem do conteúdo, é o “Lições de Physica” de Oscar Nerval de Gouveia, professor do Colégio Pedro II durante muitos anos. Nesse livro, em seu prefácio o autor explica como surgiu a obra nos chamando a atenção que “a necessidade de um livro organizado de acordo com o programma do ensino da Physica no curso secundário official, professado no Gymnasio Nacional [Colégio Pedro II], e capaz de servir de paradygma ao estudo em todos os Estados da União, despertou em alguns antigos alumnos do Externato do Gymnasio o desejo de coordenar apontamentos dispersos em mãos dos differentes alumnos das turmas, que successivamente ouviram o meu curso de Physica (...) nada ambicioso, portanto, senão auxiliar aos estudantes em meu paiz, com um livro, que se propõe apenas ser um programma desenvolvido” (Gouveia, 1902, p. VI).

Podemos observar que o livro proposto por Gouveia é, na verdade, uma exposição de inúmeras aulas professadas no antigo Colégio Pedro II, chamado na época de Ginásio Nacional. O curioso é que quando fomos analisar o livro, a parte de Cinemática se resume a apenas duas páginas de quase 450 páginas do livro. Fica claro que, diferentemente do que acontece hoje, a Cinemática tinha pouca expressão no ensino secundário daquela época. Novamente vemos a importância da descrição de aparelhos tecnológicos no livro, não tendo os conceitos de movimento grande importância, ou seja, Gouveia (1902) não escreveu um livro obsoleto, muito pelo contrário, era um livro que satisfazia outras necessidades educacionais. Percebemos também que o método utilizado pelo autor para descrever um fenômeno físico segue o mesmo padrão do livro de Ganot, porém evitando grandes formalismos matemáticos. Acreditamos que esse tipo de abordagem descritiva foi devido à adequação das necessidades educacionais do ensino secundário ministrado no Colégio Pedro II. Se

explorarmos a história da disciplina Física poderemos perceber que nessa época uma abordagem mais matematizada do conteúdo de Física estava nos cursos anexos das escolas politécnicas já que preparavam os alunos para as disciplinas de engenharia dos anos posteriores (Nicioli & Mattos, 2007).

Nos livros brasileiros das décadas seguintes percebemos um outro tipo de abordagem do conteúdo. Por exemplo, alguns autores brasileiros da década de 1920 apresentavam um conteúdo mais algebrizado, com uma abordagem mais próxima dos livros estrangeiros e com menos descrições de aparelhos e aparatos físicos. Esses autores foram sugeridos nos programas curriculares do próprio Colégio Pedro II e também na Escola Politécnica. Destacamos dois autores: Antonio de Pádua Dias com o livro "Curso de Physica" e Raul Romano com o livro "Tratado de Physica". Em seu prefácio Romano (1928, p. 1) expõe a metodologia de seu livro ressaltando que "não pertencemos ao número d'aquelles que pensam dever o ensino ser exclusivamente prático, e por isso mesmo todas as vezes que na exposição do assumpto não foi possível fazer rápidas divulgações philosophicas e mathematicas, fizemol-as, mas procurando manter sempre um justo equilíbrio entre a vantagem de habituar os alumnos ao raciocínio (...) procuramos expor o assumpto com a máxima clareza, mas sem prolixidade, e por isso mesmo achamos de boa norma não perdermos muito tempo com enfadonhas descrições de aparelhos que, não sendo vistos no original, de nada valem".

Observamos também que a figura dos Agentes Físicos desaparece, com uma discussão baseada mais na razão. "Quando observamos um phenomemo, procuramos, naturalmente, descobrir a sua causa; para isso raciocinamos, formulando varias hypotheses. Estas conduzem-nos á experiência na qual procuramos reproduzir o phenomemo em condições favoráveis ao estudo do mesmo. Observação, hypothese e experiência são os meios que nos conduzem á descoberta das leis physicas, isto é, das relações constantes e invariáveis que existem entre um phenomemo e sua causa geradora" (Dias, 1920, p.7). A matemática se torna mais presente nesses livros como, por exemplo, no "Cálculo da fórmula da força centrípeta" (Figura 3).

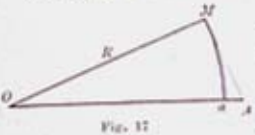
Outro destaque importante do livro de Romano (1928) é a inclusão dos exercícios. É muito importante ressaltar que essa metodologia de aplicação é iniciada nessa época, porém não como nos livros franceses onde isso era realizado como apêndice, mas diretamente no conteúdo. Dias (1933), quando acrescenta o movimento circular em seu livro, também faz uso de exemplos numéricos para a descrição do conteúdo. Essa nova proposta altera o conteúdo dos livros didáticos de Física para sempre. O que vemos então é a introdução dos exercícios no conteúdo dos livros como exemplos de aplicação e na fundamentação do conteúdo. A seguir um exercício do livro de Romano (1928):

"Exemplo numérico – Um cyclista, cuja massa total é de 90 Krg lança-se numa pista circular de 25m de raio, com velocidade de 15 metros por segundo.



22 RAUL ROMANO

**CALCULO DA FORMULA DA FORÇA CENTRIFUGA**



Supponhamos um corpo M animado de um movimento circular em torno do eixo O (Fig. 17).

Se M não fosse atraído para O pela força R, elle marcharia segundo a tangente MA com uma velocidade uniforme  $v$  e decorrido que fosse um tempo  $t$ , que nós consideraremos muito pequeno, teria effectuado o caminho

$$e = vt.$$

Mas por outro lado, o movel nestas condições afastar-se-ia constantemente de O. Seja  $y$  a aceleração centrífuga que lhe imprime no tempo  $t$  a marcha

$$a = \frac{1}{2} yt^2.$$

Isto posto, o triangulo rectangulo OMA, dará:

$$e^2 + R^2 = (R + a)^2$$

ou

$$v^2 t^2 + R^2 = R^2 + \frac{y^2 t^4}{4} + \frac{2Ryt^2}{2}$$

$$v^2 t^2 + R^2 = R^2 + Ryt^2 + \frac{y^2 t^4}{4}.$$

Simplificando, vem successivamente:

$$v^2 t^2 = Ryt^2 + \frac{y^2 t^4}{4}$$

$$v^2 = Ry + \frac{y^2 t^2}{4}$$

$$v^2 = Ry + \frac{y^2 t^2}{4t^2} = Ry + \frac{y^2 t^2}{4}$$

e, como  $t$  pode ser tão pequeno quanto se quiser, podemos desprezar

$$\frac{y^2 t^2}{4}$$

e virá:

$$v^2 = Ry, \text{ ou } y = \frac{v^2}{R}$$

TRATADO DE PHYSICA 23

e, portanto, como

$$F = my$$

teremos,

$$\frac{F}{m} = \frac{v^2}{R}, \text{ ou } FR = mv^2$$

e portanto,

$$F_{centrifuga} = \frac{mv^2}{R}.$$

OBSERVAÇÃO — Esta formula pode ser expressa de outra maneira se designarmos por T a duração de uma volta completa do movel e por  $n$  o numero de voltas effectuadas.

Teremos, então:

$$e = vt, \text{ e } v = \frac{e}{t}.$$

Logo

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi R}{T} \times nT$$

ou

$$v = 2\pi Rn.$$

Nestas condições, podemos deduzir:

$$F_{centrifuga} = \frac{m}{R} \times \frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = \frac{4\pi^2 mR}{T^2} = 4\pi^2 n^2 mR.$$

NOTA IMPORTANTE — Nos polos, a força centrífuga é nulla.

Figura 3.- Cálculo da força centrípeta que por fim se torna em uma abordagem de toda Cinemática do movimento circular (Romano, 1928, p. 22 e 23)

Qual é a força centrífuga?

$$M = 90.000 = 9 \times 10^4$$

$$V = 15 \times 10^2$$

$$R = 25 \times 10^2$$

Logo:

$$F = MV^2/R = 9 \times 10^4 \times (15 \times 10^2)^2 / 25 \times 10^2. \text{ (Romano, 1928, p. 21)}$$

A coleção F.T.D

No início do século XX, alguns livros que marcaram o ensino brasileiro foram da coleção FTD. Na França, no final do século XIX os Pequenos Irmãos de Maria, já tinham criado a coleção FTD. A sigla significava o nome do superior geral Frère (irmão) Teofânio Durand. No Brasil o grande promotor da coleção foi Isidoro Dumont e devido a semelhança houve quem sugerisse que as sigla

FTD deveria significar Frère Tiago Dumont. Outro detalhe das obras é que não vinham as inscrições dos autores, sempre se referindo como FTD. Isso se devia ao fato dos autores serem fiéis aos propósitos de humildade e, por isso, não assinavam suas obras. Outra preocupação dos religiosos era que suas obras tivessem preço reduzido e os lucros convertidos em fundos para aumentar a qualidade dos livros (Azzi, 1999).

No início do século XX a Física e Química ainda eram ensinadas juntas em nosso currículo e por isso essas obras eram traduzidas dos livros de Branly e Bazin, autores muito conhecidos na França. Ao todo foram publicados, para a Física, Química e História Natural, 7 títulos até 1917 (Azzi, 1999). Em nossa pesquisa analisamos dois livros da coleção FTD, um de 1912 e outro de 1927 e a diferença entre os dois livros é clara.

A edição de 1912 que analisamos não possui Cinemática e o conteúdo sobre a queda dos corpos tem uma abordagem descritiva dos fenômenos. As figuras utilizadas no livro são o tubo de Newton e o aparelho de Morin, já apresentados anteriormente. Os exercícios estão no final do livro no formato de questionário.

“Que é gravidade? Quais as leis da queda dos corpos? Como se verificam? Qual o espaço percorrido após 1, 2, 3 segundos de queda livre? Enunciar as Leis de Kepler”. (FTD, 1912, p. 23)

Já a edição de 1927 apresenta a Cinemática e, no conteúdo da queda dos corpos, além da abordagem descritiva, apresenta as fórmulas do movimento uniformemente variado exemplificando com conceitos de queda livre. Outra característica importante é a inclusão de exercícios no conteúdo. Esses exercícios que durante toda sua história estiveram no apêndice do livro ou no final de cada capítulo agora aparecem no corpo do conteúdo e são usados como aplicações numéricas das fórmulas. Podemos identificar a FTD como uma das grandes precursoras desse tipo de metodologia. Abaixo um dos exercícios usados no livro:

I. Deixa-se cair uma pedra no fundo de um poço e contam-se 5 seg. de queda antes que a pedra toque a água. Calcular a profundidade do poço. ( $g = 9,80$  m/s<sup>2</sup>).

Apliquemos a fórmula  $e = gt^2/2$ ; vem:

$$e = 9,80 \times 5^2/2 = 122,5 \text{ m.}$$

II. Qual seria a velocidade de um móvel (uniformemente acelerado) depois de 3 seg. de queda? ( $g = 9,80$  m/s<sup>2</sup>.)

Temos  $v = g \cdot t = 9,80 \times 3 = 29,4$  m/s. (FTD, 1927, p.40)

Uma lista de exercícios também foi apresentada no final do livro e seguem a mesma abordagem do exercício acima.

### *A algebrização da Cinemática*

Os livros que iremos analisar a seguir foram todos sugeridos nos programas curriculares da Escola Politécnica e todos se referem aos cursos introdutórios dos cursos de engenharia que foram criados visando “suprir as deficiências na formação geral dos alunos egressos de um secundário deficiente” (Santos, 1985, p. 118). A referência francesa praticamente desaparece sendo citados livros de origens diversas como ingleses Watson, (1932), alemães (Mahler, 1926), italianos (Murani, 1901) e espanhóis (Mañas & Bonvi, 1927). A abordagem da Cinemática nesses livros tem como foco principal a dedução das equações dos movimentos a partir de exemplos hipotéticos, mas sem a descrição de aparelhos ou aparatos físicos. Em nenhum momento são citados ou apresentados os aparelhos que até agora eram o centro das explicações dos fenômenos. No prefácio do livro “Curso de Física” de W. Watson (1932) o autor comenta, sobre a não inclusão das figuras de aparelhos e aparatos físicos, pois “como nenhum livro de texto pode substituir as lições explicadas com experimentos e a dos trabalhos práticos no laboratório, não se tentou descrever ilustrações experimentais dos diversos fenômenos. Pela mesma razão as figuras oferecem um caráter totalmente diagramático e não se pretendem ser uma exibição de instrumentos experimentais; o objetivo dos desenhos, neste caso, é tornar claro o texto e não substituir os aparatos atuais” (Watson, 1932, p. 2).

Dessa forma esses novos autores lançam uma nova metodologia de ensino de Física por meio da descrição de figuras geométricas e exemplos hipotéticos utilizando-se da álgebra para o desenvolvimento dos conceitos. A seguir vemos uma discussão do autor sobre o cálculo da distância percorrida por um móvel em movimento uniformemente variado e que, sem citar, envolve o conceito de integral (Figura 4).

Entre outros livros temos “Problemas de Física” de G. Mahler (1926) e que, como o próprio nome se refere, é somente de exercícios. São oferecidos inúmeros exercícios de Física dos mais variados assuntos. Para os conceitos de movimento e queda dos corpos são oferecidos no total 45 exercícios. A seguir destacamos alguns exercícios como exemplos do tipo de abordagem dada pelo autor:

- “1. Que espaço percorre um soldado de infantaria em 1,75 horas, sendo sua velocidade 1,7 m.? (...)
8. Um pontão atravessa um rio de 54 m. de largura com uma velocidade  $v = 1,8$  m. Ao chegar à margem oposta, foi arrastado 15 m. pela correnteza. Calcule a velocidade do rio. (...)
15. Um trem rápido tem uma velocidade de 18 m. Freia-se e pára em 15 segundos. Calcular a aceleração negativa  $a$  e o espaço  $s$  que percorre o trem desde que começa a frear até quando pára”. (Mahler, 1926, p. 7)

pendiendo éste al segundo siguiente, y así la línea representativa de la velocidad numérica sería escalonada,  $OM, P_1Q_1, P_2Q_2, P_3Q_3$ , etc. (fig. 14). Siendo constante la velocidad en cada segundo, se podrá aplicar el resultado hallado para el caso de la velocidad numérica constante, y el espacio recorrido en cada uno de ellos vendrá medido por el área del rectángulo comprendido entre el escalón correspondiente, las ordenadas extremas y el eje de los tiempos. Ahora bien, en cada segundo, como durante él, la velocidad aumenta, el espacio recorrido es algo mayor que el representado por el área de dicho rectángulo, si se toma la velocidad del principio del segundo; si en cambio formamos el rectángulo con la velocidad del final del segundo, el espacio recorrido es algo menor que esta área. El espacio total verdaderamente recorrido está comprendido entre la suma de las áreas limitadas por el eje  $ox$  y la línea escalonada  $OM, P_1Q_1, P_2Q_2, P_3Q_3$ ,...

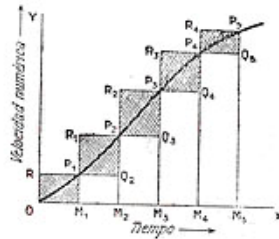


FIG. 14

y por el eje  $ox$  y la línea  $OP, P_1R_1, P_2R_2, P_3R_3$ ,... y la diferencia entre estas dos áreas viene dada por la suma de los pequeños rectángulos rayados en la figura. Si suponemos ahora que la velocidad sólo se mantiene constante durante cada medio segundo, en el mismo caso, se obtendrá la construcción de la figura 15, y también el espacio recorrido estará comprendido entre dos áreas, cuya diferencia, medida por la suma de unos rectángulos (rayados en la figura) más pequeños, será bastante más pequeña. Si se tomara la velocidad uniforme durante cuartos de segundo, la diferencia entre las dos áreas aún sería mucho más pequeña, y mucho más tomando décimas o centésimas de segundo; y se comprende que variando la velocidad de un modo continuo, las dos áreas se igualan y coinciden con el área comprendida entre la curva de la velocidad  $OP, P_1P_2, P_3$ ,... y el eje  $ox$ . De aquí resulta que en el límite, puesto que el espacio recorrido tiene que estar comprendido entre dichas dos áreas, vendrá representado por el área comprendida entre la curva  $OP, P_1P_2, P_3$ ,... el eje del tiempo y las dos ordenadas extremas del intervalo considerado.

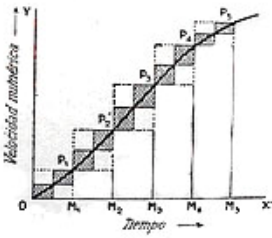


FIG. 15

35. Espacio recorrido por una partícula cuando su movimiento es uniformemente acelerado. Sea una partícula que a partir de una velocidad inicial  $v_0$  se mueve con una aceleración constante  $a$  durante un tiempo  $t$ . La curva representativa de la velocidad será  $PP'$  (fig. 16), en donde  $OP$  representa la velocidad inicial  $v_0$  y  $P'M$  la velocidad final

$v_0 + at$ . El espacio recorrido en el intervalo  $t$  viene representado por el área de la figura  $POMP'$ ; esta área es igual a la del rectángulo  $POMN$ , más la del triángulo  $PMP'$ , siendo el área de dicho rectángulo igual a  $PO \times OM$ , o sea  $v_0t$  y la del triángulo  $\frac{1}{2}PN \cdot P'M$ , es decir,  $\frac{1}{2}t \times at$ , ya que  $P'M = at$ . Así, el espacio total recorrido vale

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

Si la partícula parte del reposo ( $v_0 = 0$ ), el espacio recorrido vendrá dado por

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

puesto que se limitará al área del triángulo  $PP'M$ .

Cuando la velocidad inicial es  $v_0$ , la final vale  $v_0 + at$ , y el promedio es  $\frac{1}{2}(2v_0 + at)$ . Si una partícula se mueve durante el mismo tiempo  $t$  con esta velocidad media, el espacio recorrido valdrá

$$s = \frac{1}{2}(2v_0 + at)t = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

De modo que en el movimiento uniformemente acelerado, el espacio recorrido puede calcularse como si se tratara de un movimiento uniforme cuya velocidad sea la media entre la velocidad inicial y la final del intervalo del tiempo considerado; es decir, que si  $v_0$  es la velocidad inicial y  $v_t$  la final, el espacio recorrido vale

$$s = \frac{1}{2}(v_0 + v_t)t$$

y si el cuerpo parte del reposo

$$s = v_1t/2$$

de donde

$$t = 2s/v_1$$

Si se substituye este valor del tiempo en la expresión  $s = at^2/2$  se tiene

$$s = 2as^2/v_1^2$$

$$a = v_1^2/2s$$

expresión que presta alguna utilidad.

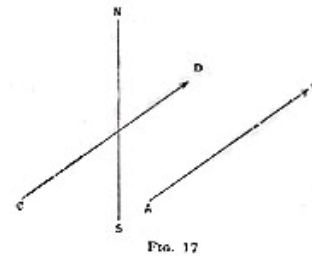


FIG. 17

36. Representación gráfica de una velocidad. Hasta aquí hemos considerado la velocidad numérica de una partícula, sin tener en cuenta la dirección del movimiento. Para un estudio completo es preciso considerar las dos cosas, y se representa la velocidad por una línea recta. Se traza esta recta en la dirección de la velocidad, tomando una longitud que a escala convenida sea igual al número representativo de la velocidad numérica, y para indicar el sentido del movimiento se dibuja una flecha sobre la misma recta. Así, una velocidad de 3,6 centímetros por segundo en dirección nordeste,

Figura 4.- Livro de W. Watson (1932) sobre a discussão do conceito de integral e a dedução da fórmula dos espaços do movimento uniformemente variado.

### Considerações finais

De um modo geral podemos perceber que a abordagem do conteúdo de Cinemática está dividida em quatro momentos.

No primeiro momento, "A Física descritiva e a Filosofia do Movimento", os livros são reflexos das explicações dos fenômenos baseados na Filosofia Natural que tinha como base a descrição, herança dos séculos XVII e XVIII. O livro de Haüy (1810) ainda apresenta traços não só nas descrições do movimento, mas também na gênese da ciência, colocando a origem dos fenômenos em um "Ente Supremo". Os livros de Meirelles (1856) e Gama (1876) mostram a transição desse conceito quando apóiam suas explicações nos "Agentes Físicos". Porém todos os livros, quando descrevem o movimento, o fazem por meio da escrita e aritmética, sem formulações matemáticas. Poderíamos justificar essa abordagem pelo enfoque educacional da época, uma vez que os estudos se baseavam na leitura e na composição, já que

acreditavam que era dessa forma que se educava o espírito do homem, criando barreiras para os desenvolvimentos matemáticos (Chervel, 1999).

Outra observação é a localização dos conceitos de movimento nos livros. Apesar de já estarem bem desenvolvidos na ciência se encontram no início, sempre agregados às noções preliminares. Outros conceitos estavam sendo explorados e, cada vez mais, presentes no cotidiano, compreendê-los era fundamental. Isso fez com que os conceitos de movimento fossem deslocados para o conteúdo preliminar dando espaço para os principais assuntos como termodinâmica, óptica, eletricidade, eletromagnetismo, meteorologia etc. Essa pode ser uma das explicações para o conteúdo de Cinemática estar no início dos livros nos tempos atuais.

O segundo momento, "descritiva-experimental", mostra a transição da descrição por meio de exemplo hipotéticos para a descrição por meio de aparelhos e aparatos físicos. Destacamos como autor principal Adolf Ganot, além de Joseph Langlebert e Francisco Ribeiro Nobre. O conteúdo desses livros deixa de lado as descrições filosóficas apresentando como nova metodologia a descrição de aparelhos fotográficos, telégrafos, telefones, microfones, bombas hidráulicas, motores, geradores etc. Os livros se tornam verdadeiras enciclopédias, alguns deles chegam a apresentar mais de 1000 páginas, todos muito bem ilustrados. Vale destacar também que um dos fatores que contribuíram para isso foi o desenvolvimento do mercado editorial dando condições para a elaboração desses tipos livros. Para a Cinemática as principais figuras, e que iriam dominar os livros até que desaparecessem no início do século XX, são a do tubo de Newton, da máquina de Atwood e do aparelho de Morin.

O terceiro momento representa o início da algebrização do conteúdo de Cinemática. Ainda destacamos como "demonstrativa-experimental", pois esses livros apresentam figuras de experimentos e aparatos físicos como o tubo de Newton, a máquina de Atwood e o aparelho de Morin. Destaque para os livros brasileiros de Gouveia (1902), Dias (1920) e Romano (1928) que apresentam em seu conteúdo muitos exemplos similares (e por vezes idênticos) aos livros estrangeiros. Além disso, observamos a inclusão dos exercícios no conteúdo de Cinemática, fato que só era observado nos livros estrangeiros, porém no apêndice. Isso modifica para sempre o conteúdo de Física. Vimos também, através dos livros da editora FTD (1912 e 1927) uma transição dos exercícios por meio dos questionários para exercícios de aplicação de fórmulas, fato que acreditamos ser influência dos exames de admissão ao ensino superior da época, mas que necessita de aprofundamento e, atualmente, é o objetivo de nossa pesquisa.

O último momento corresponde à "algebrização do conteúdo" de Cinemática. É caracterizado principalmente pela eliminação dos aparelhos e aparatos físicos do conteúdo, baseando-se em descrições a partir de gráficos, geometria e exemplos hipotéticos. Nesse momento estamos no início do século XX onde o ensino de Física que exige esse tipo de abordagem se encontra nos cursos introdutórios das escolas politécnicas. São nesses cursos que a Física é

“moldada” para que, além de suprir a deficiência do secundário, prepare o aluno para as disciplinas de caráter superior das engenharias.

Com a Reforma Francisco Campos de 18 de abril de 1931 (decreto nº 19890) o ensino secundário se torna obrigatório chamando-o de curso complementar (Machado, 2002). “Concluído o curso fundamental os alunos podiam optar por uma das três alternativas oferecidas no curso complementar, de acordo com a carreira universitária pretendida: 1º curso jurídico; 2º curso de medicina, farmácia e odontologia; 3º curso de engenharia e arquitetura. O curso complementar era na verdade um curso pré-universitário, em dois anos, no sentido de que preparava os alunos para o ensino superior, com disciplinas obrigatórias ligadas às suas diversas áreas” (Piletti, 1987, p. 62). Essa mudança se estendeu até o ensino superior, pois as disciplinas de caráter introdutório, em parte, foram incluídas em outros anos do ensino superior e, em parte, foram deslocadas para o ensino secundário. A Física incorporada no secundário é justamente a algebrizada e preparatória para os cursos superiores, ou seja, finalmente o ensino de Física adquire as funções que conhecemos hoje e o conteúdo adquire o formato algebrizado que, aliás, apresenta traços até os dias de hoje. Dessa forma, os livros didáticos sempre foram importantes em toda sua história e por meio deles, podemos concluir que nosso ensino sempre correspondeu à demanda e à necessidade política e social de cada época, sempre com o objetivo de formar o cidadão que necessita a sociedade.

### **Agradecimentos**

Este trabalho teve apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

### **Referencias bibliográficas**

Azzi, R. (1999). *História da educação católica no Brasil. Contribuição dos Irmãos Maristas*. São Paulo: SIMAR.

Barruel, E. (1798). *La Pysique réduite en tableaux raisonnés au programme du cours de physique fait à l'École Polytechnique*. Paris: [s.e.].

Bevilaque, C. (1977). *História da Faculdade de Olinda*. Brasil: Ministério da Educação.

Bittencourt, C.M.F (2003). Disciplinas Escolares: História e Pesquisa. En M. A.T. Oliveira (Ed.), *História das disciplinas escolares no Brasil: contribuições para o debate* (pp. 9-38). Bragança Paulista: EDUSF.

Bittencourt, C.M.F (2004). Autores e editores de compêndios e livros de leitura (1810 – 1910). *Educação e Pesquisa*, 3, 475-491.

Chervel, A. (1990). História das disciplinas escolares, reflexões sobre um campo de pesquisa. *Teoria & Educação*, 2, 177-229.



- Chervel, A. (1999). As humanidades no ensino. *Educação e Pesquisa*, 2, 149-170.
- Dias, P.A. (1920). *Curso elementar de Physica*. São Paulo: Vanorden.
- Dias, P.A. (1933). *Curso elementar de Physica*. São Paulo: Salles Oliveira Rocha & Cia.
- Drion, C.H. e M. Fernet (1861). *Traité de physique élémentaire*. Paris: Ed. Victor Masson et Fils.
- FTD (1912). *Física*. São Paulo: FTD.
- FTD (1927). *Física*. São Paulo: FTD.
- Gama, A.A. (1876). *Noções de Physica e Chimica*. Rio de Janeiro: Em casa dos Editores – Eduardo & Henrique Laemmert.
- Ganot, A. (1872). *Traité Élémentaire de Physique Experimentale*. Paris: Chez L`Auteur-Éditeur.
- Ganot, A. (1894). *Traité Élémentaire de Physique*. Paris: Librairie Hachette et Cia.
- Ganot, A. (1923). *Traité Élémentaire de Physique*. Paris: Hachette.
- González, A.M. (2000). La Física em los manuales escolares: um médio resistente a la renovación (1845-1900). *História de la Educación: Revista interuniversitaria*, 19, 31-93.
- Gouveia, O.N. (1902). Lições de physica professadas no Externato do Gymnasio Nacional. Rio de Janeiro: Livr. Francisco Alves.
- Guérin-Varry, M.R.T. (1840). *Nouveaux éléments de chimie théorique et pratique*. Paris: Hachete.
- Guedes, J.R. (1868). *Physica elementar*. Lisboa: Imprensa Nacional.
- Haidar, M.L.M. (1972). *O ensino secundário no império brasileiro*. São Paulo: EDUSP.
- Haüy, R.J. (1810). *Tratado Elementar de Physica*. Brasil: Imprensa Régia.
- Jamim, J. M. *Petit Traité de Physique*. (1870) Paris: Imprimerie de Gauthier-Villars.
- Langlebert, J. (1892-93). *Physique*. Paris: Primerie et librairie classiques.
- Langlebert, J. (1896-97). *Physica*. Rio de Janeiro: H. Garnier.
- Langlebert, J. (1904). *Physica – Curso elementar de estudos científicos*. Rio de Janeiro: Livraria Garnier.
- Machado, R.C.G. (2002). *Uma análise dos exames de admissão ao secundário (1930-1970): subsídios para a História da Educação Matemática no Brasil*. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Pontifícia Universidade Católica.
- Livres (2005). Guia de preenchimento da ficha do banco de dados LIVRES (Livros Escolares Brasileiros 1810 – 2005). São Paulo: FEUSP/FAPESP.

Lorenz, K.M. (1984). Os livros didáticos e o ensino de ciências na escola secundária brasileira no século XIX. *Ciência e Cultura*, 38, 426-435.

Mahler, G. (1926). *Problemas de Física*. Barcelona: Editora Labor.

Mañas y Bonvi, J. (1927). *Física general*. Barcelona: Editorial Labor.

Meirelles, S.S. (1856). *Lições elementares de physica segundo o programma de estudos do Collegio de Pedro II*. Rio de Janeiro: Typographia Nacional.

Murani, O. (1901). *Tratado Elementar de Física*. Milano: Editore-libraio della real casa.

Nicoli, R.B.Jr. e C.R. Mattos (2007). A disciplina Física no ensino secundário entre os anos de 1810 e 1930. En: *Anais VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência e Educação*. Florianópolis: ENPEC.

Nobre, F.R. (1896). *Tratado de Physica elementar*. Porto: [s.e.].

Nobre, F.R. (1904). *Tratado de Física Elementar*. Porto: Livraria Chardron & Casa do autor.

Nobre, F.R. (1911). *Tratado de Física Elementar*. Porto: Livraria Chardron & Casa do autor.

Nobre, F.R. (1934). *Tratado de Física Elementar*. Porto: Livraria Lelo & Aillaud - Lelos.

Oliveira, M.M. (1999). As origens da educação no Brasil: da hegemonia católica às primeiras tentativas de organização de ensino. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 45, 945-958.

Parella, A. (2005). Huellas uruguayas em la enseñanza de la Física. *Educación en Física*, 3, 3-33. (Uruguai)

Piletti, N. (1987) Evolução do currículo do curso secundário no Brasil. *Revista da Faculdade de Educação*, 2, 27-72.

Pfromm Netto, S. (1974). *O Livro na educação*. Rio de Janeiro: Primor- INL.

Romano R. (1928). *Tratado de Física*. São Paulo: Melhoramentos.

Sampaio, G.M.D. (2004). *A História do Ensino de Física no Colégio Pedro II de 1838 até 1925*. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: UFRJ.

Santos, M.C.L. (1985). *Escola Politécnica (1894-1984)*. São Paulo: Escola Politécnica - Fundação para o desenvolvimento da engenharia.

Telles, P.C.S. (1984). *História da engenharia no Brasil: século XVI a XIX*. Rio de Janeiro: Livros técnicos.

Valente, W.R. (1997). *Uma história da matemática escolar no Brasil (1730 – 1930)*. Tese (Doutorado). São Paulo: FEUSP.

Vechia, A. e K.M. Lorenz (1998). *Programas de ensino da escola secundária brasileira 1850-1951*. Curitiba: ed. do Autor.

Watson, W. (1932). *Curso de Física*. Barcelona: Editora Labor, S. A.



Wuo, W. (2003). O ensino da Física na perspectiva do livro didático. En: Oliveira, M.A.T. (Ed.), *História das Disciplinas escolares no Brasil: contribuições para o debate* (pp.299-338). Bragança Paulista: EDUSF.

### **Anexo: Identificação de alguns autores**

Apresentamos, neste anexo, a identificação de alguns autores citados. Nesse momento não realizamos uma análise das posições profissionais desses autores. Apresentamos essa informação apenas para subsidiar a identificação da natureza da formação e da competência daqueles que se propunham a escrever materiais didáticos de física, principalmente, por terem se tornado, em alguma medida, obras de referência educacional de seu tempo. Abaixo segue a identificação dos autores feita na obra de cada um deles, citamos o texto de apresentação exposto na capa de seus livros:

Abade René J. Haüy - "Conego honorário da igreja metropolitana de Paris, Membro da legião de honra, do instituto das Ciências e arte; professor de mineralogia no Museo de História Natural; da Academia real das Ciências, e da Sociedade dos indagadores da natureza, de Berlin, da Universidade Fena; da Sociedade Italiana das Ciências; da Sociedade Batava das Ciências Halem, etc." (Haüy, 1810, capa).

Ayres Albuquerque Gama - "Professor do curso anexo da Faculdade de Direito de Olinda na disciplina Aritmética" (Bevilaque, 1977, capa).

Joaquim Rodrigues Guedes - "Lente do Colégio Militar do Rio de Janeiro, antigo aluno da escola politécnica e sócio correspondente da Academia Real de Ciências." (Guedes, 1868, capa).

Joseph Langlebert - "Professor de Ciências Physicas e Naturais, Doutor em Medicina e Official da Academia." (Langlebert, 1892, capa).

É. Fernet - "Professor de Física do Liceu Saint-Louis, Inspetor geral de Instrução Pública e Professor da Escola Politécnica." (Fernet, 1880, capa).

Francisco Ribeiro Nobre - "Bacharel em Matemática e Filosofia pela Universidade de Coimbra, Professor do Liceu Central do Dr. José Falcão, em Coimbra, Professor do antigo Liceu Central de Beja, do Liceu Central do Porto, do Liceu Central de Alves Martins em Vizeu. Sócio efetivo do Instituto de Coimbra, da Sociedade de Geografia de Lisboa, etc." (Nobre, 1896, capa).

Antonio de Pádua Dias - "Formado em engenharia civil e professor catedrático de Física do Estado de São Paulo." (Dias, 1920, capa).

Raul Romano - "Raul Romano teve como formação engenharia química, foi diretor e professor de Física e Química em diversos colégios." (Romano, 1928, capa)

William Watson - "Membro da Royal Society, professor de Física do Imperial Colégio de Ciência e Tecnologia de Londres." (Watson, 1932, capa). Além do autor principal são citados outros autores, como, Hebert Moss que, trabalhou na ampliação do livro, foi "Doutor em Ciência e professor de Física do Imperial Colégio de Ciências e Tecnologia de Londres" (Watson, 1932, capa)e, além dele, foi citado D José Mañas y Bonvi, que traduziu o livro, foi "engenheiro industrial, catedrático de Física e Química geral na Escola de Engenheiros Industriais de Barcelona." (Watson, 1932, capa).

G. Mahler - "G Mahler, professor de matemática e física do ginásio de Ulm."  
(Mahler, 1926, capa).