



Belo Horizonte 27 a 31 janeiro 1997

XII Simpósio Nacional de Ensino de Física

Novos Horizontes

*Educação permanente
Novas tecnologias
Inovações curriculares*

Atas

Organizadores

*Oto Neri Borges
Arthur Eugênio Quintão Gomes
José Peixoto Pereira Filho
João Antônio Filocre Saraiva
Maria Cristina Dal'Pian Nobre*

Promoção



PARA LIDAR COM O MUNDO REAL, A FÍSICA ESCOLAR TAMBÉM PRECISA SER QUÂNTICA

Luis Carlos de Menezes (*menezes@if.usp.br*)
Yassuko Hosoume (*yhosoume@if.usp.br*)
Instituto de Física, Universidade de São Paulo

O aprendizado da física quântica está se revelando necessário em diversos pontos de um programa de ensino médio, que desenvolve a física também como instrumento para os estudantes compreenderem os fatos de seu cotidiano, sejam fenômenos naturais ou processos tecnológicos. Nesta introdução da física quântica, diferente da forma acadêmica, ela vem responder a uma clara demanda de conhecimento e não surge como mero "complemento teórico" da física clássica.

O Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), um projeto com base no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, há mais de dez anos desenvolve um aprendizado de física para o ensino médio, que trata desde cedo de temas da vida diária, como equipamentos, sistemas e situações reais. Neste sentido, a Mecânica lida com ferramentas e veículos, a Termodinâmica com máquinas, motores e ciclos atmosféricos, Óptica com fotografias e videogravadoras, Eletromagnetismo com geradores e Telecomunicação. A elaboração teórica é um dos objetivos do aprendizado, mas não seu ponto de partida. No âmbito deste projeto e para dar cumprimento ao seu programa, mostra-se cada vez mais indispensável desenvolver elementos da física quântica, para tratar de aspectos essenciais da compreensão da natureza e das técnicas.

Uma Visão Renovada da Física na Escola Média

Seria relativamente artificial apresentar uma alternativa de introdução da física quântica no currículo escolar, sem se explicitar em que contexto e circunstância isto se dá, em que sequência de conteúdos e a partir de que contingências e motivações.

Relativamente à sequência, não existe uma ordem universalmente estabelecida para os conteúdos instrucionais de física, na escola média, mas é conveniente adotar uma sequência dada de disciplinas ou conteúdos para apresentar, como parte dela, os tópicos em que a física quântica deve aparecer e se desenvolver. Com este objetivo, toma-se a sequência tradicionalmente adotada no Brasil, ou seja, Mecânica cobrindo todo o primeiro ano do ensino médio, Termodinâmica no primeiro semestre do segundo ano, Óptica no segundo semestre do segundo ano e Eletromagnetismo cobrindo todo o terceiro ano. O GREF adotou esta mesma sequência como uma medida de interesse tático pois, caso contrário, dificultaria sua adoção por professores habituados à sequência descrita. Praticamente, só foi mantida a sequência, pois foram

introduzidas pelo projeto inúmeras modificações e inovações metodológicas e de conteúdo.

As motivações que deram origem ao projeto são a busca de uma reimpregnação de realidade e de sentido no aprendizado escolar de física, que padecia e ainda padece de um esvaziamento promovido, entre outros fatores, por uma formalização precoce e excessiva, que leva a uma perda de objetivo prático e a um empobrecimento da visão-de-mundo que transmite. Sobre os pressupostos educacionais do projeto GREF, vale explicitar uma convicção na essencialidade do diálogo, na idéia de uma educação para a cidadania e de uma visão humanista do papel do professor e de sua relação com os alunos.

A Mecânica começa pela dinâmica, especialmente das leis de conservação das quantidades de movimento e da energia, lida sobretudo com elementos de vivência diária, tais como veículos, máquinas e outros equipamentos, sua propulsão e seu freiamento. Evita-se assim o longo intróito de cinemática, tão comum em nossas escolas, juntamente com a abstração e matematização precoces. O desenvolvimento de uma percepção da idéia de conservação das quantidades de movimento, precedem uma formulação explícita das leis de Newton. Este enfoque privilegia o aprendizado de princípios gerais que se mantêm válidos fora do domínio clássico.

A Termodinâmica estuda processos térmicos da natureza e das técnicas, como ciclos naturais, conforto ambiental ou motores a explosão; situações práticas que abrem e orientam o aprendizado e não são meras "aplicações" da teoria. Há também um sentido muito mais claro na primeira e para na segunda leis da termodinâmica, para um aluno, que compreende o modo de operação de várias máquinas térmicas, bem antes de ser apresentado a ciclos idealizados e seus limites de rendimento.

A Óptica privilegia desde o início a chamada óptica física, lidando com processos de interação luz-matéria, no registro de imagens dos processos fotográficos, magnéticos ou eletrostáticos. Mais uma vez, o curso desenvolvido pelo GREF se distingue dos usualmente praticados, particularmente no Brasil que, talvez para evitar aspectos eletromagnéticos e quânticos, se concentram na chamada óptica geométrica. A natureza quântica da luz e das cores deve surgir não só em decorrência da necessidade de compreender a operação de equipamentos, mas também da busca de efetivo entendimento de processos ópticos naturais, como na própria visão.

O Eletromagnetismo tem conteúdos também organizados de acordo com categorias de fenômenos e processos, em complexidade crescente. Se inicia com o estudo de correntes e aparelhos resistivos, prossegue com sistemas motores e segue com comunicadores e processadores de informação. Se salta a clássica entrada pela eletrostática, que só é tratada mais tarde, no estudo dos capacitores. Parte-se de correntes e resistores, por serem fenômenos familiares, relevantes e simples em sua fenomenologia. Os sistemas motores e os de telecomunicação abrem, por

assim dizer, todo o leque das equações de Maxwell, como ilustrações prévias e motivadoras de sua formulação.

A Presença da Mecânica Quântica na Física Escolar

Como vimos, a Mecânica desse primeiro ano se constroi a partir de um sentido prático e vivencial macroscópico, que não dá margem à introdução de evidências da natureza quântica, própria do mundo submicroscópico, ou de teorias não clássicas a qualquer pretexto. O enfoque adotado do ensino de mecânica, privilegia o aprendizado de princípios gerais, como os de conservação das quantidades de movimento, que se mantêm válidos fora do domínio clássico, ou seja, que não precisam ser essencialmente reformuladas quando da introdução de elementos quânticos. Desta forma, ainda que a física quântica não seja tratada neste primeiro ano, a abordagem adotada é compatível com a sua introdução, mais tarde.

É só no segundo ano, já no início do primeiro semestre, dedicado à Termodinâmica, que surge a primeira oportunidade de se tratar de elemento essencialmente quântico. Ao se introduzirem os termômetros, evita-se restringir seu estudo aos termômetros clássicos de dilatação. Pelo contrário, procura-se mostrar que diferentes faixas de temperatura exigem termômetros de diferentes naturezas, usando diferentes propriedades termométricas. É a necessidade de se estabelecer um termômetro óptico, ou seja de se definir a relação entre espectro de radiação e temperatura, que nos remete à distribuição de Planck e a uma primeira exposição dos alunos às idéias da teoria quântica.

O semestre seguinte, na Óptica, o estudo de fontes de luz abre a série de questões sobre a natureza quântica, que prossegue na investigação dos registros de imagens, seja a tradicional fotografia, as fotocopiadoras e as filmadoras de vídeo, etc., que, pela fotoquímica e particularmente pela operação dos semicondutores só podem ser efetivamente compreendidas de posse de um modelagem quântica mínima. Diga-se de passagem, vemos também como essencial a explicitação da natureza quântica da luz, pois é inaceitável tratá-la como onda clássica, como às vezes se faz. De resto, as cores dos objetos e dos filtros de luz, assim como a forma como são percebidas, são coisas quânticas, não compreensíveis de outra forma, para não falar do *laser* e outros processos mais especializados.

O terceiro ano será todo dedicado ao Eletromagnetismo, mas sobretudo ao eletromagnetismo estritamente clássico, já que não é sequer necessário introduzir elementos quânticos, no tratamento de sistemas resistivos e de sistemas motores, que são os dois grandes conjuntos de fenômenos com que se inicia o aprendizado desta disciplina. É somente nos dois últimos conjuntos de aplicações, que tratam dos comunicadores e dos processadores de informação, onde a presença dos semicondutores na eletrônica da telecomunicação e da informação, ao lado de outras

Para Lidar com o...

propriedades quânticas, passam a exigir uma retomada da modelagem quântica já desenvolvida anteriormente, no aprendizado da óptica física. São quânticas as reais explicações das propriedades elétricas, reportáveis à constituição atômica e cristalina dos materiais; no entanto, a entrada dos elementos quânticos se dá, no aprendizado do eletromagnetismo, mais facilmente ao se detalhar propriedades óptico-elétricas, geralmente a partir da explicação da operação de dispositivos semicondutores.

Considerações Finais

Alguns dos desenvolvimentos aqui propostos, a exemplo destes últimos dos componentes microeletrônicos, ainda estão em elaboração, e não foram testados em condições de aula. Pode haver mesmo quem duvide da possibilidade de se fazer "caber tanta coisa" no currículo de física da escola média. Por outro lado, há quem perceba que faltam ainda outros elementos de uma visão de mundo física, em se considerando que esta escola é o nível final de instrução de parcela dos alunos. Por exemplo, ao se estudar a carga eletrônica e a constituição atômica, é imperioso discutir a força responsável pela agragação nuclear, capaz de resistir à poderosa repulsão coulombiana entre os prótons.

É claro que, mesmo para poder incluir tudo o que foi proposto acima, não só a discussão das forças nucleares e, talvez também, dos constituintes fundamentais da matéria, é preciso abrir mão da velha intenção dedutivista. É preciso ver a física escolar também, e talvez especialmente, como parte de uma cultura da cidadania, a ser apreendida em uma dinâmica nova, dialógica, especulativa, carregada de um novo imaginário e indutora de processos de pensamento, em lugar da envelhecida propedêutica, do pseudo-treinamento técnico-científico, duradouramente repetido e invariavelmente frustrado.

A escolha por esta nova visão do aprendizado escolar da física não é uma opção pela superficialidade, pela "cultura de almanaque". Pelo contrário, é uma tentativa de dar aos estudantes uma idéia da ciência e da tecnologia, como parte da cultura, como visão de mundo, e também da cultura da produção e dos serviços da atualidade. Não se trata só de ancorar o desenvolvimento abstrato em exemplos concretos, vividos, do cotidiano do aluno. Trata-se de desenvolver uma sistemática de reflexão e aprendizado, que transcenda as paredes da escola, que instrua o olhar e o pensar na rua, em casa e no trabalho.