

IFUSP/P 595
B.I.F. - USP

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PUBLICAÇÕES

INSTITUTO DE FÍSICA
CAIXA POSTAL 20516
01498 - SÃO PAULO - SP
BRASIL

IFUSP/P-505



ANALISANDO O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL.
I. PRÁTICAS, CONTEÚDOS E PRESSUPOSTOS

A. Villani

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

Dezembro/1984

ANALISANDO O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL.

I. PRÁTICAS, CONTEÚDOS E PRESSUPOSTOS

A. Villani[†]

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

INTRODUÇÃO

Quando se fala de ensino de Física no Brasil, a sensação é de estar tratando de um doente grave quase em coma. Ele parece ter muitas doenças. Algumas externas, bem visíveis como a baixa remuneração dos professores, que deixa o ensino semi-asfixiado, outras internas, como a falta de utilização de aparatos experimentais ou a ausência de uma ligação entre o conteúdo ensinado e a vida cotidiana (sobretudo no 2º grau), que parecem tirar a vontade de viver do nosso doente. Além disso, existe uma doença mais interna, que afeta diretamente o próprio objeto de ensino: a hipertrofia do formalismo matemático e o esvaziamento de seu significado "físico".

Essa doença ataca o ensino em todos os níveis, desde o segundo grau até a pós-graduação: seu efeito é o desaparecimento lento e progressivo de qualquer cultura em física, apesar dos remédios inventados.

Este trabalho, que consta de duas partes, pretende aprofundar as origens desse problema e suas implicações^[1] (I parte), e esboçar algumas propostas concretas para viabilizar sua solução (II parte).

[†] Com auxílio parcial do CNPq.

Nesta primeira parte analisaremos a prática do ensino de Física nos vários níveis tentando focalizar seus pressupostos e seu conteúdo (item 1); em seguida, proporemos uma maneira diferente de considerar o ensino, a aprendizagem e seus pressupostos (item 2), completando com uma imagem mais detalhada daquilo que consideramos ser a aprendizagem significativa de uma teoria de física.

O assunto é muito importante para o Ensino de Física no Brasil: se conseguirmos despertar uma polêmica e estimular um debate a respeito, teremos atingido boa parte de nossos objetivos.

1. A PRÁTICA DO ENSINO DE FÍSICA NOS VÁRIOS NÍVEIS

Quando um docente prepara uma aula normal de Física, sua suposição básica é que seus estudantes conheçam bem pouco do assunto a ser ensinado ou, no máximo, que eles tenham informações distorcidas a respeito. Consequentemente, sua meta torna-se preencher as lacunas dos alunos, em primeiro lugar com a exposição das leis e fórmulas fundamentais e depois com os exercícios e problemas nos quais as mesmas leis são utilizadas. E para que alguma coisa fique mais facilmente nas cabeças dos alunos, essas mesmas fórmulas são demonstradas, repetidas, esmiuçadas e aplicadas em casos triviais e em exercícios mais complexos. Os alunos, pelo menos os mais dedicados e disciplinados, tomam nota, pedem esclarecimentos, tentam imitar o professor neste ou naquele exercício ou passagem, até que finalmente aprendem o jogo: quando o exercício fornece dados que dizem respeito a colisões elásticas precisa usar as fórmulas das conservações do momento linear, do momento angular e da energia; quando o problema trata de equilí-

brio, estático ou dinâmico, as leis de Newton são a solução. Em contrapartida a prova traz dados referentes a colisões ou a equilíbrio. A maioria dos alunos é aprovada, mesmo que com dificuldades, e todos ficam satisfeitos. Pelo menos até o momento em que nós perguntamos seriamente: será que os alunos sabem aquilo que escrevem nas provas? Será que eles aprenderam o que foi ensinado? Será que aquilo que foi aprendido tem algum sentido profundo para os estudantes?

Ao nível dos sintomas, a grande maioria dos docentes concorda que nas provas muitas vezes os alunos parecem escrever conteúdos aleatórios ou sem nexos; ninguém discorda que, na realidade, existe um abismo entre o conteúdo ensinado e o que foi aprendido; muitos reconhecem que o que foi aprendido pelos estudantes raramente ultrapassa o mero significado instrumental de ser o indispensável para passar nas provas. No entanto, quando se tenta um diagnóstico sobre as causas dessa situação, o consenso é muito menor, e se torna ainda mais fragmentário quando se tentam sugerir remédios eficazes. Problemas deste tipo deixam-nos com um aperto no estômago, que atenuamos dizendo para nós mesmos: "Afim! fizemos o que podíamos, e é muito difícil conhecer o que sobrou na cabeça dos alunos".

Para tentar aprofundar o diagnóstico, vejamos alguns dos pressupostos que norteiam a prática comum de ensino em nosso país^[2].

O primeiro já foi acenado: ensinar é preencher as lacunas dos alunos, aquilo que está vazio ou pouco claro em suas mentes. Consequentemente ensinar é mostrar o conteúdo de forma agradável e clara; aprender é abrir os olhos (da mente) e ver aquilo que o docente está mostrando. Se o aluno olhar com atenção, não há como não aprender.

O segundo pressuposto é que a capacidade de "ver" dos

alunos é limitada, e eles não vêem tudo aquilo que é mostrado. Por isso o professor repete várias vezes e de várias maneiras a mensagem que quer ensinar. Apesar disso, entre o que o professor mostra e o que os alunos aprendem sempre se dá um processo de redução, que parece intrínseco a aprendizagem. Esta idéia é muito enraizada, e está implícita na imagem mais geral de transmissão da ciência; esta consta da progressiva redução de um conteúdo que deve ser guardado e acumulado, como numa biblioteca.

Uma imagem que ajuda a entender isso é a da peneira. A física sofisticada, complexa, precisa, cheia de detalhes e altamente matematizada, que está na mente e nos trabalhos dos pesquisadores, é peneirada (e portanto reduzida) ao ser proposta para os (futuros) docentes universitários, que por sua vez assimilam o conteúdo proposto filtrando o essencial e abandonando o resto.

Uma nova redução se dá quando os professores universitários tentam ensinar para seus alunos e (futuros) docentes de 2º grau, redução acompanhada de uma sucessiva redução quando este conteúdo é assimilado pelos estudantes universitários. Finalmente uma última (e definitiva) redução se dá no ensino de 2º grau, seja por parte dos docentes, que apresentam somente uma parte daquilo que eles sabem, seja por parte dos alunos, que assimilam somente uma parte daquilo que foi ensinado. Nesta última, evidentemente, sobrou muito pouco daquela física que estava nas cabeças dos pesquisadores, de forma que qualquer semelhança é mera coincidência.

Um terceiro pressuposto se refere ao conteúdo a ser ensinado: ele deve ser claro, definido e estático. É constituído pelas fórmulas, que representam as leis físicas fundamentais, e pelos exemplos nos quais as leis são aplicadas. O ponto fundamental é aprender os exemplos nos quais as leis são aplicadas, e

não aprender a aplicar as leis. A diferença parece sutil, mas é importante. No primeiro caso se aprendem casos particulares, no segundo caso se aprendem princípios. Por isso nas avaliações sempre se propõe algo de muito semelhante, do ponto de vista "físico", com o que foi mostrado em sala de aula. Eventualmente poderão aparecer complicações matemáticas, muito dificilmente complicações na "física" do exercício proposto.

Vejamos mais em detalhe o que é ensinado nos vários níveis.

Na Pós-graduação, o reino da Mecânica Quântica, são equações de onda, matrizes diagonais e não diagonais, Hamiltonianas perturbadas e não perturbadas, integrais duplas e triplas, índices para cima e para baixo. Uma verdadeira "selva de pedra", amenizada de vez em quando com aplicações que dizem respeito a resultados famosos ou parecidos com aqueles que marcaram a história da Física do século XX.

Podemos resumir o uso e abuso de toda esta parafernália, considerando-a como um treino para a prática da "ciência normal" de Kuhn^[7]: aprender as fórmulas significativas e os exemplos nos quais elas funcionam. Em geral existe um esforço, por parte dos docentes, de mostrar a coerência da teoria proposta, a ligação entre as várias partes, em suma sua estrutura: no entanto, isso é considerado mais como um enfeite cultural do que uma componente essencial do objeto de aprendizagem e por isso não é exigido nas avaliações.

Na Graduação a matemática é menos sofisticada, as integrais tornam-se simples e a maioria dos índices caem; as fórmulas e leis são aproximadas e os exemplos e problemas bem mais "ajeitados". Apesar disso a opressão do formalismo não é reduzida, pois a satisfação de encontrar algum resultado famoso é muito mais rara, e o cuidado com a apresentação da estrutura das teorias mu-

to menor. Enfim, na graduação treinamos os alunos para uma ciência mais antiga e mais "aguada".

No Segundo Grau, a matemática é reduzida a álgebra, os exercícios são puras aplicações das fórmulas sem relação explícita com experimentos ou com teorias importantes. Temos a impressão que se trata de uma "caricatura" da Ciência, incapaz de resistir à passagem entre o vestibular e o primeiro ano da universidade; o conteúdo ensinado não somente é muito menor do que nos níveis superiores (o que é razoável), mas ele é diluído, leve, abstrato, desconexo e superficial: em suma ele é insignificante para o aluno, de maneira que, se juntarmos as condições precárias nas quais o ensino de Física se realiza, é perfeitamente compreensível a queixa generalizada dos estudantes para os quais "a Física é bastante chata".

Os remédios propostos para melhorar a situação do ensino no Brasil são coerentes com os pressupostos e a visão de ensino delineados acima. Se ensinar e aprender é um processo de progressiva filtragem e se o conteúdo é um "pacote" de fórmulas e exercícios, nada mais apropriado do que aumentar o conteúdo, ou aumentar a motivação dos alunos e sua capacidade de retenção. A introdução de aulas de demonstração, de exercícios resolvidos ou de situações experimentais visa fundamentalmente ampliar ou complementar o conteúdo ensinado. A modificação nos métodos de ensino utilizados, para torná-los mais agradáveis ou mais estimulantes e a modificação nos exemplos introduzidos, tomando-os mais ligados a experiência diária do aluno, visam fundamentalmente motivar os alunos para que estudem mais e aprendam mais facilmente o conteúdo apresentado.

De qualquer forma, os esforços suplementares não parecem produzir a melhoria esperada na aprendizagem dos alunos.

Alunos que passaram no vestibular (ou até que já se

formaram), que lembram e utilizam as fórmulas com uma certa habilidade, quando colocados numa situação mais livre e qualitativa, parecem utilizar esquemas e noções que não tem nada em comum com as aprendidas durante o ensino. Este é o resultado inquestionável das pesquisas sobre concepções espontâneas com alunos de 2º e 3º graus e já graduados^[4].

Por que tudo isso? O que não funciona?

2. UMA VISÃO ALTERNATIVA DE ENSINO DE FÍSICA

Neste item apresentaremos um "modelo" de ensino de Física compatível com as teorias de conhecimento e de instrução de tipo cognitivista^[3]; utilizaremos abundantemente a analogia para tornar o assunto mais concreto e visualizável delineando em seguida o tipo de conteúdo adequado a esta concepção de ensino.

Ensinar física é como fazer um experimento bombardeando um alvo com um feixe de partículas (ou de fótons). Aprender é como capturar o feixe (ou parte dele) de forma estável. Bombardear um alvo é um processo complicado (ensinar também) e nem sempre se conseguem os resultados esperados. Grosso modo consta de dois tipos de atividades: a primeira mais instrumental, onde o feixe é colimado e o alvo preparado, a segunda mais "teorética" - mais ligada aos objetivos do experimento e as hipóteses de trabalho -, na qual se escolhem os valores da energia e dos parâmetros significativos do experimento. Se o experimentador está atento ao primeiro tipo de atividades, mas se descuida do segundo, a chance de obter resultados interessantes é muito reduzida. Num colisão entre o feixe e o alvo podem acontecer muitas coisas. A mais fácil é a colisão elástica: o feixe entra em contato com o alvo e depois se afasta deixando-o praticamente inalterado.

Uma segunda possibilidade é excitar o alvo por um tempo limitado e em seguida voltar tudo ao estado inicial.

Uma outra possibilidade é uma interação periférica com uma captura ou uma ionização. O alvo mudou, mas não profundamente pois o núcleo não foi afetado.

Finalmente, uma última possibilidade é um impacto nuclear: o feixe é absorvido e o núcleo se modifica de forma estável.

Evidentemente a analogia funciona até um certo ponto, como qualquer analogia; ela não dá conta da "atividade" do aluno, que não é um mero expectador bombardeado pelo professor, pois ele pode participar do processo não somente re-alimentando-o, mas até compartilhando de sua organização.

O importante a ser salientado é o cuidado para que o alvo seja atingido de forma profunda e estável.

A analogia utilizada pode ser mais explorada.

A cabeça dos homens (sua estrutura mental) é como um alvo: tem um núcleo de idéias centrais, bem sólidas e estruturadas, em contínuo movimento de realimentação recíproca; tem um conjunto de idéias periféricas, bem vinculadas ao núcleo e com trocas eventuais com o núcleo; tem idéias mais periféricas com um vínculo pequeno, mas ainda estável e estruturado com o núcleo.

Finalmente tem idéias soltas que se orientam em sentido diferentes e adquirem significados diferentes dependendo das circunstâncias: são como os elétrons de condução de um metal e podem ser abandonadas com facilidade.

Toda a estrutura mental é dinâmica e as experiências cotidianas são um contínuo bombardeio que modifica esta estrutura com maior ou menor facilidade, dependendo dos impactos que a pessoa sofre.

Algumas informações passam pela nossa mente sem dei-

xar vestígios relevantes; outros nos excitam momentaneamente, outras permanecem de forma periférica e outras modificam a nossa estrutura mais profunda.

O importante dessa analogia é o caráter dinâmico do nosso conhecimento: a estrutura conceitual não é como a estrutura de um prédio. Pode ser mais sólida do que a de um prédio, mas é uma solidez que vem de um movimento contínuo e rápido. Como num giroscópio ou num tufão. Uma determinada teoria pode ser reduzida a sua estrutura, caracterizando os elementos fundamentais e as relações entre eles: o conjunto é definido, fechado, fixo, claro e completo. É o resultado de um trabalho de construção de uma rede, que uma vez completada se auto-sustenta. No entanto quando a estrutura da teoria se torna um elemento ou um conjunto de elementos de uma estrutura mental, ela é revestida imediatamente de uma série muito grande de relações com o restante da estrutura mental. Com isso ela adquire movimento e abertura, pois pode ser questionada, comparada com outras estruturas de outras teorias, e confrontada com a maneira de se obtê-la ou de se utilizá-la. Em suma, um objeto estático, ao ser incorporado na mente ele tem que interagir e se acomodar com muitos outros elementos da estrutura mental, de um lado adquirindo um significado mais amplo, e do outro lado adquirindo abertura, movimento e consciência.

Retomando a nossa analogia, ensinar física, do ponto de vista do professor, é "bombardear" o aluno com várias e progressivas informações científicas ou relativas a ciência, de forma que ao final do processo escolar a estrutura mental mais profunda seja atingida e transformada, permeando a própria visão de mundo do estudante.

Nesta nova visão as idéias científicas deverão ter um papel significativo e relativamente harmonioso com o restante

da estrutura conceitual.

Completando a analogia, o ensino deverá cuidar de todo o processo, nas suas atividades mais instrumentais e mais "teoréticas".

Na nossa opinião, atualmente está se cuidando muito das atividades mais instrumentais, ensinando as fórmulas, mostrando as deduções e executando a resolução de exercícios e problemas. Não está se cuidando das atividades mais "teoréticas", para que o núcleo central seja atingido de forma estável. As possíveis modificações da estrutura do alvo estão ligados a determinadas faixas e combinações dos parâmetros significativos.

As fórmulas e os exercícios são como um feixe: é preciso escolher as suas características adequadas para que eles se tornem ressonantes com as estruturas conceituais mais internas.

Na nossa opinião, esta operação é deixada mais ou menos ao acaso. Fórmulas e exercícios são jogados em cima dos alunos sem nenhuma preocupação objetiva de torná-las significativas e articuladas com as idéias dos alunos.

Querendo ser mais precisos, os problemas não são apenas esses já referidos. O próprio ensino de fórmulas e exercícios é fragmentário; quando se passa de uma área para outra, parece que se abandona um universo para entrar num outro. Em geral não se cuida suficientemente das relações entre as fórmulas de uma área e as de outra, com o resultado que a abrangência da aprendizagem é reduzida. Parece que nem se está cuidando suficientemente para que o feixe seja colimado e não disperso.

De qualquer maneira o problema mais importante é desprezar a natureza da aprendizagem e da estrutura mental.

Quando se quer saber como funciona uma lei, se dá um exemplo: se o aluno aprende isso, sabe mais do que o simples conjunto de símbolos matemáticos. No entanto, multiplicando os exem

plos não necessariamente se conhece melhor como e quando uma fórmula funciona. Para tanto, é preciso transformá-la de um objeto estático (o conjunto de símbolos e relações) em um objeto dinâmico, um princípio de aplicações, que envolve a relação dessa fórmula com tudo aquilo que a gerou e com tudo aquilo que está na estrutura de quem aprende. A fórmula deve interagir e se acomodar ao resto da estrutura mais ativa do estudante.

Nessa concepção de ensino e aprendizagem, como entender a transmissão da ciência atual?

Ela não é somente uma progressiva redução de conteúdo, desde a física dos físicos até a física dos alunos de 2º grau, mas é uma progressiva modificação e reformulação de seu significado básico, que se modifica cada vez que entra em contato com um conjunto de concepções básicas progressivamente afastadas das que estão (implícitas) nas fórmulas e nos exemplos complicados dos físicos. Na realidade o processo é duplice, pois na transmissão do tipo de conteúdo que constitui a base do ensino atual, não somente acontece uma mudança de enfoque, mas também acontece um progressivo afastamento deste conteúdo do núcleo central de idéias básicas, que culmina com uma separação quase total nos alunos e (em boa parte) nos docentes de 2º grau.

Não é muito eficiente e estimulante para nós, docentes, aperfeiçoar com grandes esforços nossos métodos de ensino, para que os alunos aprendam mais rapidamente fórmulas e problemas, se todo o resultado implicará num conjunto de idéias bem marginais e bem soltas na sua mente, incapazes de resistir ao choque com outras idéias, e até mesmo ao tempo.

O que significaria cuidar dos parâmetros significativos do nosso feixe intelectual?

A grosso modo, significaria cuidar daquilo que transforma um conjunto de fórmulas em uma teoria, e uma teoria em uma

visão de mundo a respeito da natureza física.

A nossa discussão sobre as concepções de ensino está-se deslocando para o problema do próprio conteúdo de Física a ser ensinado.

Inicialmente, houve uma contraposição entre a concepção de preencher a mente e sanar as falhas dos alunos e a concepção de bombardear e modificar a estrutura mental do aluno; a cada uma dessas concepções corresponde um determinado conteúdo de Física privilegiado. Para encher a mente dos alunos, nada melhor que um "pacote" amarrado de fórmulas e exercícios. Para atingir a estrutura conceitual mais interna, fórmulas e exercícios são uma componente importante, mas não única: se ficarmos somente nela, a estrutura mental dos alunos será modificada aleatoriamente. É verdade que sempre existem alunos capazes de se autoregular para poder interagir mais eficazmente com seus docentes; para estes alunos qualquer idéia lançada durante o ensino, mesmo que de forma marginal, é recuperada para dar um sentido global ao próprio ensino. Para continuarmos em nossa analogia, estes alunos são como núcleos particularmente ativos, capazes de reagir e de se reestruturar ao mínimo impacto com um feixe adequado.

No entanto trata-se de uma minoria de estudantes que, praticamente, são capazes de aprender qualquer que seja o ensino proposto. A grande maioria dos alunos tem uma aprendizagem de Física que é regulada e modelada pelo ensino e por seu conteúdo.

3. ENSINAR E APRENDER UMA TEORIA DE FÍSICA

Para aprender uma teoria de Física e integrá-la na estrutura conceitual é preciso conhecer suas leis e os exemplos aonde

ela funciona, mas precisa também conhecer e apropriar-se de sua "heurística".

Com este nome queremos nos referir não somente a estrutura da teoria que privilegia algumas noções como centrais e outras como derivadas mas também as hipóteses implícitas, as imagens relevantes, a maneira de enfrentar seus problemas e a sua visão de mundo mais profunda.

Não é nossa intenção desenvolver uma definição rigorosa daquilo que entendemos por "heurística" (a arte de descobrir, aquilo que numa teoria guia os passos de seu desenvolvimento e de sua ampliação), pois ela assume significados diferentes nas várias teorias da ciência; somente pretendemos chamar a atenção para aquele fundo e contorno de cada teoria que a torna uma expressão de uma determinada maneira humana de entender a natureza.

Vejamos alguns exemplos:

A teoria de Newton. O "pacote" é dado pelas 3 leis que tem o seu nome, e exemplos significativos são os casos nos quais é possível localizar partículas com massa sujeitas a determinadas forças. E o resto? Sua concepção de tempo absoluto, homogêneo, que flui continuamente sem relação com o mundo, sua concepção de espaço absoluto que define o que é um referencial inercial; a equivalência entre repouso e movimento uniforme; a interação instantânea a distância; a primazia das noções de força e de partícula material; a possibilidade de velocidades sem limites; a idéia de massa como medida da inércia e como fonte de força gravitacional; a redução de toda a natureza a partículas ou algo de equivalente; a possibilidade de vácuo entre as partículas; etc..

A teoria de Lorentz^[5]. O "pacote" é dado pelas equações de Maxwell e pelas transformações de Lorentz e exemplos

significativos são fornecidos pelos fenômenos eletromagnéticos. Sua "heurística": sua concepção de tempo absoluto ligado ao éter e tempo "local" ligado a sincronização de relógios; a idéia de espaço absoluto identificado com o éter, que constitui o substrato universal único, contínuo e capaz de transmitir todas as forças da natureza; a idéia de massa como sub-produto da interação eletromagnética entre carga e éter; a primazia das idéias de éter (contínuo) e de elétron (carga discreta); a idéia de campo e.m. como modificação do éter; a redução de todos os fenômenos a uma base eletromagnética; etc..

A teoria da Relatividade Restrita. O "pacote" é dado pelas transformações de Lorentz (junto com a invariança de velocidade da luz e o princípio da Relatividade) e pelas leis de conservação da energia e do momento linear (e angular). Sua heurística: a intrínseca ininteligibilidade física do movimento uniforme; a eliminação do éter, espaço absoluto, a concepção de tempo intrinsecamente relativo; a conservação da causalidade física, a primazia das idéias de simetria e de covariância; o seu não comprometimento com nenhum modelo microscópico; etc..

Acreditamos que, somente com uma discussão aprofundada destes aspectos possam os vários "pacotes" tornar-se expressões vivas de determinadas maneiras de olhar a natureza. E é através desses aspectos, que as teorias se tornam uma parte e uma contribuição a uma cultura humana, incorporando-se à maneira da humanidade gerir e organizar seus valores e seus significados.

Numa visão reducionista da Física, as leis de Newton são uma aproximação das fórmulas relativísticas, e as teorias de Lorentz e Einstein praticamente se diferem em quase nada.

Numa visão mais cultural, dentro da teoria de Newton as leis do eletromagnetismo devem ser explicadas com um modelo me

cânico de éter particulado. Ao contrário, na Teoria de Lorentz a mecânica deve ser modificada e reduzida a interação entre o éter contínuo e as cargas discretas. Na teoria de Einstein as leis para serem verdadeiras devem ser covariantes: as leis da mecânica e do eletromagnetismo devem ser unificadas numa única visão básica (ou de campo ou discreta); esta unificação começa com a identificação da massa com a energia "de repouso" de um corpo.

Se é verdade que "os físicos também amam", é interessante perguntar-se porque eles adoram a Física. Às vezes eles mexem por longos períodos com fórmulas e cálculos que parecem muito áridos. O segredo é que atrás de fórmulas e cálculos tem um "coração" vivo que pulsa, os físicos escrevem números e símbolos, mas números e símbolos se referem a uma teoria ou a um modelo com o qual em geral eles se sentem em "ressonância". As teorias e modelos dos físicos são cheias de imagens que representam o elixir de um olhar fundo na natureza. Quando um físico trabalha com as fórmulas (complicadas) das teorias de "gauge", na sua imaginação vibram e interagem os "gluons", os "quarks" ou as simetrias embutidas nas próprias fórmulas.

A idéia de adaptar o conteúdo a uma concepção mais dinâmica de aprendizagem, não significa que a simples apresentação deste conteúdo resolva o problema de um aprimoramento do Ensino de Física; no exemplo dos físicos que trabalham com fórmulas e com as correspondentes imagens, o que chama a atenção é a natureza dinâmica do conhecimento. Evidentemente uma simples apresentação do novo conteúdo, a "heurística", não torna seu conhecimento necessariamente dinâmico e integrado a estrutura conceitual.

Este novo tipo de conteúdo supõe e exige um novo tipo de ensino, que fortaleça a capacidade de imaginar a Física, de sintetizar e de perceber o que está implícito no formalismo, nos exemplos e nas teorias. Do ponto de vista do professor isso im-

plica na promoção de atividades adequadas, quais sínteses, análises, debates, discussões e previsões qualitativas, leituras, seminários e relatórios além da resolução de problemas. Estas atividades podem variar de uma classe para outra e de um aluno para outro: será tarefa do professor encontrar soluções possíveis dentro das condições de contorno do ensino atual.

Em síntese, o professor, conhecendo profundamente o tipo de conteúdo que pretende ensinar e o tipo de mentalidade de seus alunos, deverá ajudá-los propondo e/ou sugerindo atividades, dentro e fora da sala de aula, que facilitem a apropriação dinâmica desse conteúdo pelas estruturas conceituais dos estudantes.

Aqui nos basta chamar a atenção para este ponto que consideramos central para o Ensino de Física: tornar a Física capaz de ter significado global para o aluno, pois ela representa uma maneira de conhecer e ter uma visão sintética da natureza.

Isso não exclui, ao contrário, exige, como complementação que nos esforcemos em ligar a Física com a prática cotidiana, com experimentos simples e complexos, com sua História e sua Epistemologia, com seu significado mais social, para podermos ter uma idéia mais humana e mais cultural da própria Física. No entanto trata-se de pontos diferentes que devem ser analisados e enfrentados especificamente.

A nossa preocupação atual é transformar os "pacotes" de fórmulas e exemplos em teorias significativas, assimiladas ao nível das idéias mais estáveis da estrutura conceitual do aluno. Para tanto é necessário que eles sejam recheados e acompanhados de algum tipo de heurística, mesmo que simples, e associados a atividades que facilitem o movimento e a interação das idéias. Em caso contrário, se excluirmos os poucos alunos que por capacidade individual são altamente ativos, a grande maioria ficará com um conjunto de idéias pouco amarrados e fáceis de serem abandona-

das ou esquecidas.

Para resumir tudo quanto foi colocado até agora em relação ao conhecimento de uma teoria física, podemos tentar uma visualização dos pontos mais importantes.

- Aprendizagem das fórmulas e de exemplos significativos nos quais elas se aplicam.
- Relacionamento entre várias fórmulas para formar um conjunto mais estruturado.
- Utilização das fórmulas em situações novas, diferentes, para perceber como e quando elas funcionam.
- Análise das idéias básicas e dos pressupostos da teoria a ser aprendida.
- Discussão das gêneses e das possibilidades de ampliação da teoria, de suas semelhanças e diferenças com teorias afins ou anteriores.
- Levantamento dos pontos que a teoria não consegue resolver.

Terminamos assim esta primeira parte do nosso trabalho, na qual tentamos elucidar a importância de repensar por inteiro o Ensino de Física, de maneira a torná-lo mais coerente com algumas idéias sobre o que consideramos ser ensinar e aprender, e mais próximo da imagem que nós temos de Física.

Na segunda parte o nosso esforço será voltado para esboçar um novo curriculum, na realidade um mini-curriculum sobre o ensino de Relatividade, que consideramos consonante com as idéias discutidas até então.

REFERÊNCIAS E NOTAS

- [1] Esta primeira parte do nosso trabalho corresponde a ampliação e reformulação de seminários proferidos no Departamento de Física da U.N.B. e no I.F.U.S.P.
- [2] Esta análise, que pretende ser qualitativa, é baseada principalmente na nossa experiência de docência e de pesquisa em Ensino de Física e nos relatos e discussões de vários colegas, orientados e alunos.
- [3] Estamos nos referindo principalmente as teses piagetianas que a aprendizagem se dá por sucessivas "assimilações" e "acomodações" e que, no conhecimento, o conteúdo e o conoscente apresentam um "isomorfismo".
- [4] Uma resenha dos trabalhos desenvolvidos na área de concepções "espontâneas" pode ser encontrado em: "Recherche en didactique de la physique: les actes du premier atelier international". La Londe les Maures, ed. C.N.R.S., 1983.
Em português:
A. Zylbersztayn: "Concepções espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino", Rev. Ens. Fis. 5(2) (1983) pp. 3-16.
A. Villani, J.L.A. Pacca e Y. Hosoume: "Concepções espontâneas sobre o movimento", Publ. IFUSP/P-489.
- [5] Uma exposição detalhada da teoria do elétron de H. Lorentz pode ser encontrada em:
R. McCormack: "H.A. Lorentz and the Electromagnetic View of Nature", Isis 61 (1970) pp. 459-497.
Em português:
A. Villani: "O confronto Lorentz e Einstein e suas interpretações. II. A teoria de Lorentz e sua consistência", Rev. Ens. Fis. 3(2) (1981) pp. 55-76.

[6] Uma exposição da teoria de Einstein com preocupação em ressaltar sua heurística, pode ser encontrada em:

E. Zahar: "Why did Einstein's programme supersede Lorentz's".
Bret. Jour. Phil. Sc. 24 (1973) pp. 223-262.

Em português:

A. Villani: "O confronto Lorentz e Einstein e suas interpretações. III. A heurística de Einstein", Rev. Ens. Fis. 3(3) (1981) pp. 23-47.

[7] Para Kuhn ciência "normal" é atividade científica desenvolvida em períodos nos quais não há questionamento por parte dos cientistas dos pressupostos, das idéias básicas e da metodologia de pesquisa da teoria dominante.