

MATERIAIS E MÉTODOS

UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO NA 1ª CADEIRA DE FÍSICA BÁSICA NA UNIVERSIDADE

GLÓRIA REGINA P.C. QUEIROZ e M. CELIA DIBAR URE

Instituto de Física - Universidade Federal Fluminense

INTRODUÇÃO

Uma análise da alta repetência dos alunos da cadeira de Física I e do desempenho destes alunos, assim como de muitos do curso profissional de Física, nos mostrou que eles não conseguem resolver problemas mesmo simples, quando estes não são apenas de substituição de dados em fórmulas. Esta situação nos levou a supor que, entre outros fatores, devidos possivelmente aos métodos de ensino, alguns ao ingressarem na Universidade não raciocinam de uma maneira que os torne capazes de acompanhar o curso de Física I.

Além disso muito deles, desde os vestibulandos até os que se encontram em fase de conclusão de curso, cometem um certo tipo de erro característico que pode ser atribuído ao uso de uma espécie de "modelo intuitivo" que não segue as leis de Newton, mas se parece com o modelo aristotélico de colocar forças onde há velocidades. Este fato, conhecido por qualquer professor de Física, foi estudado sistematicamente por L. Viennot (1) em alunos franceses e confirmados por nós em nossos alunos de Física I, num trabalho apresentado separadamente (2).

Para estudar os raciocínios comumente usados pelos alunos, utilizamos inicialmente entrevistas individuais (3) do tipo das desenvolvidas por Piaget (4) com adolescentes, nas quais, apresentando-se aos jovens algum material (pêndulo, balança, etc.), acompanha-se o raciocínio usado por eles através de perguntas. Partindo destas entrevistas desenvolvemos um teste escrito que pode ser tomado em forma coletiva (5) no qual se testam habilidades de trabalhar com proporções, combinatórias, dissociação de fatores e conclusões lógicas.

Verificamos que uma grande percentagem (50% dos 229 alunos testados em todas as turmas de Física I da Universidade e 80% dos 81 das turmas de Física e Química) não haviam atingido o nível formal ou hipotético dedutivo nas tarefas aplicadas. Este resultado causou-nos bastante preocupação, uma vez que as estruturas características do período formal são indispensáveis ao aprendizado da Física. Vejamos então um breve resumo dos dois últimos estágios de raciocínio da Teoria de Piaget (6):

O primeiro estágio que nos interessa começa perto dos 7 anos e chama-se concreto porque os raciocínios nele envolvidos referem-se diretamente a objetos e não a proposição verbais, realizando-se passo a passo e estando fortemente ligados a observações da realidade. Operações típicas que a criança com raciocínio concreto consegue fazer são: Classificação, Seriação, Correspondências simples e duplas. Já tem também o conceito de número (este precisa de classificação e seriação) e conservação de matéria e peso.

Já as operações formais do estágio seguinte, o formal, estão aplicadas a hipóteses ou proposições verbais. O sujeito consegue imaginar a realidade não só no seu aspecto limitado e concreto, mas em termos de algumas ou de todas as combinações possíveis, caracterizadas pela lógica das proposições. Consegue também trabalhar (primeiramente em forma qualitativa) com duas variáveis que se compensam (por exemplo peso e distância numa balança ou proporções em geral).

No Laboratório de Física, uma pessoa com pensamento concreto consegue tirar conclusões do material de laboratório ou seguir, passo a passo, um roteiro, mas não testar uma hipótese (por exemplo, mudar do uma só variável de cada vez ou tirando conclusões de contra-exemplos) já que está lhe faltando a lógica proposicional do nível formal. Quando vai resolver problemas, ele consegue fazer analogias, preencher dados numa fórmula e tirar conclusões diretas, mas não consegue entender conceitos baseados em outros conceitos (proporções, limites, etc) ou fazer problemas que precisem de um plano de ataque envolvendo variáveis intermediárias não pedidas, etc.

DIRETRIZES PARA UM CURSO DE FÍSICA I

De posse de dados concretos sobre algumas das possíveis causas das dificuldades dos cursos de Física I e baseados na Psicologia Genética de Piaget e nos nossos resultados sobre os problemas de raciocínio dos alunos, estabelecemos algumas diretrizes para um curso que leve em consideração tais problemas e tente estimular o desenvolvimento do raciocínio, ao mesmo tempo que desenvolva o conteúdo de Física.

Consideramos importante:

- a) Valorizar a atividade do aluno, estimulando o conhecimento através da atividade do sujeito sobre o objeto a ser conhecido, sendo o professor um mero guia das atividades desenvolvidas e não o executor de todas elas. Este esforço se traduz primeiramente numa considerável redução do número e duração de aulas expositivas tradicionais.
- b) Procurar partir de onde o aluno se encontra, dando valor à construção sobre o aprendido de Física anteriormente na escola ou mesmo na

vida diária e procurando que o nível de dificuldade seja o certo para interessá-lo. De acordo com a teoria Piagetiana, uma dificuldade muito grande, que um aluno não consiga resolver sozinho ou com pouca ajuda, pode levá-lo a decorar ou colar a solução e sendo ela fácil demais leva-o ao desinteresse. Para isto todas as unidades são introduzidas ou com uma atividade de Laboratório se possível ou com problemas escolhidos de modo a promoverem discussões grupais, antes de se discutir a formalização do tema.

- c) Dar aos erros cometidos pelos alunos um tratamento basicamente diferente do tradicional e oposto ao da Teoria Behaviourista que tenta evitá-los. Segundo a Teoria de Piaget é achando resultados contraditórios e os resolvendo que o raciocínio avança (7,8). Portanto procuramos que o aluno encontre situações onde apareçam contradições e que elas sejam evidenciadas pelos próprios alunos em discussões nos grupos. Muitas destas contradições vem justamente do modelo intuitivo mencionado anteriormente, outras são inerentes às limitações do modelo usado na descrição da realidade, e finalmente um terceiro tipo é devido ao uso de critérios ou raciocínios não formais.
- d) Dar ao Laboratório um destaque especial dentro do curso, pois, devido à alta percentagem de alunos concretos ou não completamente formais, tem-se para eles uma necessidade maior do que para os demais de que atuem sobre material concreto a fim de terem uma chance de avançar nos raciocínios e compreenderem melhor a Física formalizada nas aulas. Mesmo para os alunos de raciocínio formal já estabelecido, o laboratório é central num curso de Física, mas para os que ainda não se encontram neste estágio ele é indispensável. De modo a adequar o Laboratório aos nossos propósitos, ele deve ser sempre entrosado com problemas e aulas teóricas, de modo a enriquecer o conteúdo discutido.
- e) Além destas diretrizes propostas pela teoria de Piaget, achamos importante também promover o trabalho em grupo, e em certas unidades usar estudos dirigidos, sendo estes mais do estilo de ensino programado.

PROGRAMAÇÃO PARA UM CURSO DE FÍSICA I

A partir do 1º semestre de 1980 temos aplicado por 3 semestres consecutivos, em 8 horas semanais, sendo 2 tardes de 4 horas cada, um curso experimental de Física I onde procuramos seguir as diretrizes aqui discutidas.

Devido ao fato da turma que faz este curso experimental ter que se entrosar na cadeira de Física II com outras turmas que cursaram Física I normalmente, não propusemos nenhuma mudança drástica ao programa do curso, o que talvez fosse até mais interessante uma vez que Cinemática e Dinâmica são assuntos mais árdios de serem acompanhados num Laboratório do que por exemplo Ótica ou Termodinâmica cujas práticas estimulam mais o trabalho do aluno, principalmente dos de nível concreto.

No curso aplicado por nós, 5 Unidades foram desenvolvidas, correspondentes ao conteúdo tradicional de Cinemática, Cinemática Vetorial, Forças e Dinâmica, Trabalho e Energia.

Programamos para os alunos:

- a) Cinco listas de problemas cuidadosamente escolhidos, sendo uma lista para cada unidade do programa e tendo como objetivo inicial, como já discutimos no ítem b da seção anterior, descongelar os conhecimentos de Física obtidos anteriormente na escola ou mesmo na vida diária.
- b) Seis atividades de Laboratório com práticas bem simples, duas das quais chamadas de minilaboratórios e feitas na própria sala de aula. Durante as práticas de Laboratório introduz-se a Teoria dos Erros, incluindo-se a propagação dos mesmos, o que achamos importante ser introduzido desde cedo na formação de um físico, uma vez que isso possibilita uma interpretação dos resultados obtidos e não leva a uma procura de resultados pré-determinados, como costuma acontecer. Tem-se nas atividades de Laboratório a preocupação de provocar discussões através de perguntas, não sendo nunca o fato de se obter um certo valor para dada medida o objetivo principal.
- c) Três atividades de estudo dirigido passo a passo em casos de assuntos com maior índice de dificuldade.
- d) Várias atividades de leitura de livros dos autores: Tipler, Alonso-Finn, Pierre Lucie, Halliday-Resnick, etc.

Todas as atividades são realizadas pelos alunos, em média 30 numa turma, agrupados em pequenos grupos de 3 ou 4, uma vez que julgamos que isto propicia discussões que muito ajudam para que haja tomada de consciência independente da posição impositora do professor. Por sua vez o professor serve como orientador das atividades durante o curso, indicando o momento de cada uma delas e realizando as discussões fnais, ou mesmo ainda apresentando noções novas no quadro quando necessário.

Vejam agora como as atividades se entrosam durante o curso através de alguns exemplos.

A primeira lista de problemas é sobre Cinemática e o primeiro problema (9) simula uma viagem do Rio a São Paulo, indicando-se aos alunos algumas anotações feitas por um passageiro do automóvel em questão, relativas à quilometragem e instante do tempo correspondente. Através de várias perguntas procura-se levar o aluno a utilizar algumas noções anteriormente vivenciadas e a formalizá-las sozinho ou com a ajuda do professor. Como o curso pretende aguardar que o cálculo diferencial e integral seja dado primeiramente na cadeira de Matemática, aproveita-se esta fase inicial para dar ao aluno conhecimento de noções que mais tarde lhe servirão de exemplo nas aulas de cálculo. Por exemplo, nesta primeira lista os alunos calculam exaustivamente tangentes às curvas $x \times t$, comparando-as às velocidades médias tomadas em intervalos de tempo que vão se tornando cada vez menores em torno do ponto onde a tangente foi calculada e discute-se o conceito de velocidade instantânea em vários problemas.

Na tentativa de colocar este problema em situação de laboratório o aluno dispõe de um carrinho que pode correr sobre uma bancada. Pede-se inicialmente que ele tente obter, usando régua e cronômetro, medidas do mesmo tipo das obtidas pelo passageiro do problema nº 1. Deste modo pretende-se que ele sinta as dificuldades de medir posição e instante de tempo relativo quando o percurso é curto e daí compreenda a vantagem de realizar tais medidas com a ajuda de uma fita presa ao carrinho e sobre a qual um vibrador deixa marcas a serem analisadas posteriormente. A falta de material adequado tem impossibilitado que se tire todo o proveito desta prática no que se refere ao estudo completo do movimento de um corpo.

A passagem da Cinemática Escalar para a Vetorial (2ª Lista de problemas) é feita através de um estudo dirigido no qual se apresenta ao aluno uma fotografia estroboscópica (9) de uma bolinha lançada obliquamente para cima. Sobre esta foto devem ser realizadas medidas que finalmente conduzem à aceleração da gravidade, tendo durante este estudo trabalhado bastante com cálculo vetorial e estudo de trajetórias.

No primeiro mini-laboratório são introduzidas noções da Teoria dos Erros, fazendo-se com que os alunos meçam a altura, o comprimento e a largura da sua própria carteira, estimando os erros cometidos e discutindo sobre as medidas do seu grupo. A partir daí todos os Laboratórios são feitos levando-se em conta os erros.

Passa-se da Cinemática para a Dinâmica através de uma prática de equilíbrio (Lab. nº 3). Para possibilitar a realização desta prática é feita anteriormente uma (Lab. nº 2) de calibração de molas, na

qual o aluno prossegue seu treino com gráficos e são introduzidas noções de erros nestes gráficos. Na verdade os dois poderiam ser um só laboratório, mas a experiência dos primeiros semestres de aplicação do curso nos levou a lançar poucas novidades em cada laboratório, graduando as dificuldades.

As leis de Newton são estudadas durante 3 listas de problemas, sendo a primeira sem atrito e como sempre começando com várias questões sobre fatos corriqueiros, onde as leis podem ser aplicadas, como por exemplo: porque um revólver dá coice? Na segunda estuda-se o movimento circular uniforme, usando-se uma fotografia estroboscópica de onde se tiram dados sobre a variação da direção do vetor velocidade que mantém seu módulo sempre constante. Mostra-se que isto só foi possível pela existência da força centrípeta que é então calculada. Na terceira das listas de Dinâmica introduz-se o atrito e, como aí o curso de cálculo já avançou bastante, são feitos os primeiros problemas utilizando noções de derivada e integral.

No intervalo entre as duas penúltimas listas é realizado um estudo dirigido sobre a lei de ação e reação onde corpos são isolados e procura-se o par de cada força que age sobre o corpo.

Também durante o estudo das leis de Newton os alunos fazem alguns problemas, separados das listas para evidenciá-los, que testam se ele ainda usa o modelo intuitivo já mencionado ou se percebeu o modelo Newtoniano. O terceiro estudo dirigido do curso tem também este objetivo, além do estudo do movimento harmônico simples de um carrinho preso a uma mola e movendo-se em torno do ponto de equilíbrio do sistema. Mesmo já nesta fase do curso encontramos muitas respostas que ainda atribuem à força agindo sobre o carrinho o mesmo sentido que o do movimento dele. Através das contradições provocadas procura-se mais uma vez apagar a Física intuitiva tão persistente.

Durante esta fase realiza-se ainda um mini-laboratório sobre o coeficiente de atrito estático entre dois dados materiais.

Após estas atividades o aluno inicia a leitura em grupo do capítulo 7 do volume I do Allonso-Finn, onde as leis de Newton são estudadas formalmente com a utilização do cálculo diferencial e integral. Um 4º e último Laboratório está previsto para o estudo do movimento de uma bolinha num líquido viscoso. Este laboratório é interessante pois além de exemplificar a Física aprendida, serve também como teste para verificação do nível formal dos alunos através de uma tarefa de dissociação de fatores. Dispõem-se de bolinhas de materiais e diâmetros diferentes e de tubos contendo líquidos de diferentes viscosidades. A primeira atividade desta prática é de que o aluno indique que fatores influem no tempo total da queda da bolinha no líquido e em seguida pro

ve que tais fatores realmente influem. Finalmente ele estuda através de gráficos o movimento da bolinha.

Deveria ainda constar nesta programação uma parte referente ao estudo da Energia Mecânica, como de hábito nos cursos de Física I. Isto foi realizado durante a primeira aplicação do curso, quando no entanto não foram utilizadas as derivadas das leis de Newton como no livro Allonso-Finn. Esta introdução a este livro tornou-se necessária uma vez que o curso básico para os alunos de Física do nosso Instituto é dado por ele e os alunos aprovados no nosso curso formam com os aprovados de outra turma uma nova turma de Física II.

Como as leis de Newton não são triviais para alunos iniciantes é realmente necessário todo um semestre onde elas sejam exaustivamente estudadas, tanto teórica como praticamente, incluindo a formalização com cálculo diferencial, devendo-se nesta situação deixar de lado a unidade de energia, o que é em parte lamentável já que ela forma junto com a dinâmica uma unidade natural.

INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO UTILIZADOS

A avaliação dos alunos é feita através de 4 provas individuais realizadas com consulta livre a anotações e livros, sendo as mesmas relacionadas com o tipo de aula dada, isto é, elas verificam os raciocínios desenvolvidos durante o curso, mais do que a simples assimilação de conteúdo.

Além das provas os alunos recebem 2 notas pelos 4 Laboratórios e pelos estudos dirigidos. É importante dizer que ao entregar seu relatório o aluno é entrevistado individualmente pelo professor, tendo que explicar todo o procedimento feito e como chegou aos dados e conclusões finais. Isto permite avaliar os alunos separadamente, assim como tirar as dúvidas e completar a visão do laboratório em questão.

ALGUMAS OBSERVAÇÕES:

Este planejamento está em seu terceiro semestre de aplicação a turmas de alunos do curso de Física da Universidade Federal Fluminense e após estas três etapas temos realizado algumas observações interessantes:

- a) As listas de problemas passaram a ser centrais, tanto no planejamento do curso como na sua importância para o trabalho dos alunos, pois sua adequação às necessidades do nosso tipo de aluno mostrou-se muito grande. Cada lista possibilita tanto o descongelamento dos prováveis pré conhecimentos de Física, quanto a promoção de contradições

entre a Física Intuitiva e a aprendida, criando em outros casos a necessidade do professor ir ao quadro-negro para unificar as discussões grupais, auxiliar num estudo dirigido ou completar alguma unidade formalizando as noções vistas, podendo ainda indicar os momentos de se procurar o Laboratório para a construção ou verificação de conceitos.

- b) Os estudos dirigidos e os mini-laboratórios se mostraram altamente satisfatórios, os primeiros por vencerem gradualmente as dificuldades envolvidas no assunto, frisando-se bem aos alunos que não passam sem ao ítem seguinte sem entender o em questão. Os últimos tiveram sucesso pela facilidade de aplicação, mesmo na sala de aula, além de serem geradores de excelentes discussões.
- c) Os alunos tem demonstrado interesse por este tipo de curso, tendo-se tornado os maiores defensores da nova metodologia.

Um fato a se notar tem sido a atitude dos repetentes de um semestre para o outro. Estes alunos, os quais começaram o curso num nível bem fraco, mesmo não conseguindo aprovação, ao repetirem o curso no período seguinte, além de, na grande maioria, procurarem o mesmo método, apresentam desde o primeiro dia de aula uma atitude de liderança nos grupos da nova turma. Principalmente nas aulas de Laboratório, pode-se notar um repetente liderando cada grupo com segurança e transmitindo realmente habilidades desenvolvidas no semestre anterior. Isto é basicamente diferente da atitude de desânimo que se observava nos repetentes dos cursos tradicionais. Achamos que talvez para estes alunos um curso num ritmo ainda mais lento pudesse ter evitado a repetência mas, diante da impossibilidade de mudanças drásticas, uma segunda visão dos mesmos temas, agora já com o raciocínio mais desenvolvido tem modificado as características usuais dos repetentes.

- d) As deficiências do equipamento de Laboratório disponível tem prejudicado o aperfeiçoamento do curso, pois as limitações impostas muitas vezes interferem diretamente no aprendizado. Devido à falta de material, entre as práticas disponíveis escolhemos as adequadas ao conteúdo e que possam provocar o desenvolvimento do raciocínio dos alunos, nem sempre se tendo a chance de realizar práticas relacionadas a ítems chave do programa.
- e) Não temos conclusões que confirmem que o aumento do percentual de aprovações se deva ao método novo, uma vez que muitas das variáveis existentes não puderam ser controladas.

O número de desistências iniciais praticamente não se alterou.

Achamos no entanto que só o interesse demonstrado pelos alunos e mantido até mesmo pelos que repetem a cadeira no período seguinte é excelente indicador de que, através de nossas tentativas de modificar as estruturas mentais de nossos alunos, conseguimos um melhor entrosamento entre estes alunos e seus conhecimentos de Física.

A idéia para o futuro é a de mantermos a base desenvolvida até aqui e introduzir novas práticas, como por exemplo as feitas com auxílio de trilhos de ar, em fase de montagem para a aplicação no próximo semestre. Pensamos também dispor de filmes loops para que os alunos possam realizar tarefas complementares.

REFERENCIAS

1. L.Viennot, Le raisonnement spontané em dynamique élémentaire (Herman, Paris, 1979).
2. Trabalho a ser publicado: "Existe alguma relação entre a Persistência de Física Intuitiva e o Nível Operatório de alunos que entram na Universidade". M.C.Dibar Ure e G.R.P.C. Queiroz - Comunicação na 33^a Reunião Anual da SBPC.
3. Maria Celia Dibar Ure "Estudo preliminar do nível operatório em estudantes universitários" Revista Brasileira de Física, Vol.II, nº 4
4. B.Inhelder e J.Piaget, Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente (Pioneira, São Paulo, 1976).
5. Trabalho a ser publicado: "Desenvolvimento de um teste coletivo para medir nível operatório em Estudantes universitários" M.C. Dibar Ure e G.R.P.C. Queiroz - Comunicação no IV Simpósio de Ensino de Física 1979 Atas na Revista de Ensino de Física, Suplemento IV SNEF, Vol. 2 nº 1, fev. 1980 e Com. 318 01 na 31^a Reunião Anual SBPC, Atas no Supl. Ciência e Cultura Vol. 31, nº 7, julho 1979.
6. J.Piaget, Seis Estudos de Psicologia, (Ed. Forense Universitária, 1976).
7. M.Donaldson, Bull. Psychology XXX, 327 (1977).
8. B.Inhelder, Apprendizage et structures de la connaissance (P.U.F., Paris, 1974).
9. Pierre Lucie - Martins e Eu - Roval Artes Gráficas Ltda, Rio de Janeiro (1969).

PLANEJAMENTO DO CURSO

