
O ENSINO DA LEI DA INÉRCIA: DIFICULDADES DO PLANEJAMENTO

Jesuína L. A. Pacca
Instituto de Física – USP
São Paulo – SP

A compreensão da lei da inércia não é um fato muito comum, como pode ser constatado entre os estudantes e até mesmo entre os professores do 2º grau. Se compreender esse conteúdo já é problemático, qual não será a dificuldade em ensiná-lo ou planejar um curso que garanta a aprendizagem correta e significativa deste tema?

Num programa de atualização que vem sendo realizado no Instituto de Física com um grupo de nove professores em serviço, encontramos alguns elementos que permitem compreender as dificuldades encontradas pelos professores nessa tarefa. O objeto sobre o qual se desenvolve o programa de atualização é o planejamento escolar que o professor deve elaborar como instrumento de desenvolvimento e de controle do seu curso.

O programa teve início em março de 1990 e deverá estender-se até dezembro de 1991; desenvolve-se através de seções de trabalho, com os coordenadores do programa e os professores participantes, que ocorrem a cada quatro semanas e têm 10 horas de duração; nessas ocasiões são discutidas as atividades propostas pelos professores nos respectivos planejamentos bem como problemas de diversas naturezas que surgem ao longo da discussão ou que são propostos pelos coordenadores.

Esse programa de atualização está sendo objeto de pesquisa, tanto no que se refere a sua capacidade em promover uma mudança da concepção dos professores sobre o ensino de física (especificamente da lei da inércia) como no que se refere à compreensão do conteúdo a ser ensinado. Dentro do último aspecto foi possível definir-se diferentes níveis de compreensão desse conteúdo, que envolvem os conceitos e as relações entre eles. O último nível que corresponde à compreensão total, incluindo a concepção de mundo que suporta esse princípio, é atingido por pouquíssimos professores (VILLANI e PACCA, 1991).

Assim, ao menos por este motivo, já é difícil ensinar a lei da inércia. E mesmo os professores que atingiram o nível mais alto de compreensão devem enfrentar um problema de mudança de concepção da realidade do estudante que não se tem mostrado simples.

Ensinar significa estabelecer condições que sejam capazes de levar o estudante a compreender um certo conteúdo acreditado cientificamente. Tais condições devem, entretanto, partir necessariamente da concepção que o estudante já tem, construída pela sua própria experiência sem intervenção direta da escola.

O conhecimento a ser ensinado, se expresso em termos de um conjunto de enunciados que explicitam os pontos críticos e essenciais do conteúdo, pode facilitar a elaboração de um planejamento pedagógico. Da mesma forma, informações sobre modos de pensar dos estudantes a respeito dos conceitos que constituem o conteúdo a ser ensinado ajudam o professor no planejamento de atividades e escolha de recursos didáticos para orientar a construção do conhecimento desejado.

I. Conteúdo científico e concepção do estudante

Uma análise do princípio físico, conhecido por lei da inércia, permite organizar didaticamente seu conteúdo em alguns enunciados essenciais:

- 1) Na ausência de forças, um objeto se move com velocidade constante;
- 2) Se o movimento de um objeto for analisado em mais de uma direção, o enunciado vale para cada uma independentemente;
- 3) Se uma força agir sobre um objeto sua velocidade será necessariamente alterada;
- 4) Repouso e movimento são equivalentes do ponto de vista dinâmico, isto é, estar em movimento ou repouso é questão de referência.

As concepções comuns dos indivíduos em relação aos conceitos envolvidos nos enunciados apresentados são encontradas em grande parte das publicações já bem conhecidas. As que nos interessam aqui são as que seguem:

- a) Sempre que um objeto se move existe uma força, na mesma direção da trajetória, que mantém esse movimento;
- b) Existem referenciais absolutos que “vêm” os movimentos “reais” e “verdadeiros”; e
- c) Se não há força identificada sobre um objeto, ele está parado no referencial absoluto; em qualquer outro referencial, o movimento porventura existente é aparente.

É notável a inconsistência desses dois conjuntos de idéias e pode-se avaliar a dificuldade do professor para planejar o ensino do princípio da inércia. Supondo que o

professor domine o conteúdo é preciso organizar atividades articuladas de modo a favorecer a reelaboração do conhecimento prévio do estudante no sentido do conhecimento desejado.

A física é a ciência que explica o que ocorre na natureza, então parece imediato partir de experiências para ensinar este princípio. Realmente, a partir de situações criadas num laboratório didático, é possível mostrar aos estudantes que, eliminando forças resistivas, um objeto não perde velocidade e pode continuar seu movimento indefinidamente. Mesmo que, na prática, essas forças não sejam anuladas, parece razoavelmente simples contar com raciocínios de limite, que levam à extrapolação da experiência; este resultado já é bem conhecido e um experimento interessante foi realizado pelo Grupo de Genebra (INHELDER e PIAGET, 1976).

Também uma experiência no laboratório pode mostrar que se uma força agir sobre um objeto ele terá sua velocidade alterada. O PSSC apresenta uma experiência bastante didática e simples de realizar, em que uma força constante modifica a velocidade de um corpo. O próprio PSSC mostra também, através de uma experiência, que um movimento pode ser estudado a partir de componentes analisados de forma independente quanto aos princípios da física. Até mesmo a questão da relatividade de um sistema de referência pode ser concretizada e visualizada num laboratório didático.

O que falta então num planejamento pedagógico para levar o indivíduo a compreender a lei da inércia? Numa visão construtivista da aprendizagem diremos que falta considerar especialmente as concepções que os indivíduos já possuem sobre os fenômenos que a física explica através dos princípios da mecânica.

Dentre os enunciados com que traduzimos a lei da inércia, os dois primeiros parecem não oferecer grande dificuldade para o professor. O terceiro contém uma aparente sutileza que parece ser um nó na questão: a necessária alteração da velocidade de um objeto quando existir uma força não nula agindo sobre ele. A concepção fortemente arraigada nos indivíduos que diz que “sempre que um objeto se move existe uma força que mantém esse movimento” impede a compreensão correta e total do item 3. Na experiência citada sobre movimento num plano horizontal (INHELDER e PIAGET, 1976) os sujeitos não chegaram de modo algum à concepção da lei da inércia (PACCA e SARAIVA, 1989), como parece ser sugerido no texto.

A concepção dos indivíduos de que existem referenciais absolutos, nos quais os movimentos são “verdadeiros”, constitui também uma barreira significativa na compreensão da lei da inércia. Por mais que as experiências didáticas procurem mostrar as diferentes configurações de trajetórias ou valores de velocidades em referenciais diferentes, os indivíduos continuam acreditando que alguns referenciais são mais importantes do que outros, porque eles registram o “verdadeiro” movimento. Mais fundamentalmente, isso significa que na concepção dos indivíduos o repouso é o estado natural.

II. Tentativa de um planejamento pedagógico

Os elementos que entram na elaboração de um planejamento são basicamente constituídos pelos recursos didáticos para as atividades com os estudantes e pelas avaliações de aprendizagem.

Os dados que apresentamos na discussão que segue foram obtidos com os professores que fazem parte do programa de atualização em desenvolvimento, cujo objetivo é planejar o ensino das leis da mecânica, em particular a lei da inércia. Ao mesmo tempo em que o planejamento está sendo elaborado, os professores o aplicam a seus alunos em situação normal de sala de aula. Dos relatos feitos pelos professores extraímos as informações que nos permitem compreender o processo implícito no conjunto de atividades propostas, analisando o resultado da utilização concreta do planejamento e redirecionando ou reformulando o seu conteúdo.

É óbvio que o nível de compreensão do próprio professor constitui limitação para a qualidade e eficácia do planejamento elaborado; as atividades e exemplos que apresentamos e discutimos no programa de atualização vão se incorporar no planejamento de cada um, individualmente, na medida em que adquirem significado e compreensão para o próprio professor.

No início do programa, o planejamento é caracterizado por uma seqüência de conteúdos que, na melhor das hipóteses, cobre completa e corretamente o conteúdo de física e, eventualmente, por experiências cujo objetivo é “provar a lei”.

Consideramos duas fases no processo que levam a um planejamento que satisfaça as condições capazes de promover a aprendizagem da lei da inércia de modo significativo fisicamente e com sobrevivência menos efêmera.

Após várias sessões de discussão com os professores foram estabelecidos os pontos essenciais para o enunciado da lei da inércia bem como as concepções dos estudantes acerca dos movimentos dos corpos reais.

Na primeira fase da organização é possível incorporar ao planejamento uma experiência sobre um movimento em um plano com redução gradual do atrito. Quase todos ou propuseram uma experiência desse tipo ou aceitaram logo incorporá-la ao seu planejamento. A questão da equivalência entre repouso e movimento (ou a relatividade do movimento) foi introduzida por alguns através da introdução da história desse princípio, com textos sobre as experiências e conclusões de Galileu.

Nota-se uma vinculação quase exclusiva com o conteúdo científico já acabado e a seqüência lógica que o descreve, sem entretanto dar conta da sua totalidade. Apenas um professor (A) mostrou intenção de resolver a questão do referencial, apresentan-

do questões motivadoras que de fato tocavam pontos essenciais do conteúdo, para discutir com os estudantes. Ele, entretanto, não conseguiu realizar concretamente sua proposta, isto é, propor atividades capazes de comunicar ao aluno essa informação. Apesar da competência revelada em física, parece ter faltado a referência do conhecimento próprio do estudante para a procura das atividades.

Um professor (B) fez uma avaliação dos seus alunos concluindo que eles haviam compreendido o princípio “a menos de uma certa confusão que aparecia em respostas posteriores”; esta “confusão” era exatamente o que dava indicações das concepções não científicas ainda presentes. Isso mostra que para o professor não é fácil ver, nos erros dos alunos, formas de conceber inadequadas, que devem ser consideradas e discutidas com orientação objetiva e concreta.

A crítica que fazemos ao planejamento elaborado até este ponto dentro do Programa é que ele ainda não enfrenta a concepção do aluno sobre a “necessidade de uma força sempre que existir um movimento” e por isso não tem o sucesso esperado pelo professor. Na verdade, nem as experiências consideradas “provam” isto, nem a leitura e a discussão de textos históricos parecem modificar essa concepção se não for criada uma situação que constitua efetivamente um conflito cognitivo para o estudante.

Este é um ponto complicado no processo de ensino que leva à aprendizagem significativa e que o professor deve enfrentar; além do domínio do conteúdo de física pelo professor é preciso planejar situações em que os erros dos estudantes tornem-se observáveis e representem incoerências dentro dos sistemas explicativos alternativos dos alunos, que devem ser reelaborados. As situações planejadas com esse objetivo devem envolver necessariamente uma coordenação entre os experimentos sobre movimento no plano e a mudança de referencial.

A segunda fase de elaboração do planejamento, atingida pelo professor no Programa, é a que incorpora elementos do conhecimento prévio dos estudantes. Procurando apontar e caracterizar uma incoerência na concepção não científica de que “sempre que há movimento há uma força resultante não nula”, procura-se coordenar duas informações: velocidade constante sem força atuando e, relatividade do movimento.

Um professor (C), nesta fase de elaboração do planejamento, introduziu a resolução de dois problemas para discussão com os alunos, na seqüência:

1º) Uma bolinha de aço que corre sobre uma mesa lisa horizontal e depois cai no chão. Análise do movimento sobre a mesa e na queda.

2º) Uma bomba que é largada de um avião em vôo. Análise do movimento visto da Terra e do avião.

A idéia básica da discussão é o princípio da inércia para os dois problemas; atento aos comentários dos alunos o professor concluiu:

“Para os alunos, os dois problemas são diferentes: eles não conseguem resolver o segundo após ter resolvido e compreendido o primeiro. Acho que a dificuldade está mesmo em aceitar a equivalência física entre repouso e movimento uniforme”.

Este professor recorreu a um texto de história (KOYRÉ, 1986) sobre os experimentos de Galileu para encontrar alguma sugestão para o trabalho com os alunos. Suas conclusões, que revelam uma certa insatisfação por não ter ainda atingido o objetivo, foram expressas através de uma reflexão que mostra sua preocupação com o modo de pensar do estudante:

“O que significa para o aluno cair ao pé do mastro?”

“É preciso mostrar que não é necessário ter uma força impressa”.

E o mesmo professor continuou:

“Planejamento que leve a aprender mesmo não é fácil”.

“A vantagem do planejamento concreto é poder verificar de imediato se chegamos onde queríamos”.

Na seqüência de elaboração de um planejamento para ensinar a lei da inércia um professor (D) apresentou para seus alunos uma situação em que um objeto se move no espaço distante onde se poderia supor ausência de forças (parece que na concepção dos estudantes esta idéia é aceitável). Na sua opinião, ele afirma que teve sucesso: “ouvindo os alunos, corrigi a rota e tive sucesso”.

De fato, um planejamento parece ser instrumento útil no controle e orientação da aprendizagem; os recursos didáticos nele contidos interagem com os elementos essenciais do conteúdo a ser ensinado e os elementos do conhecimento prévio do aluno, mas a ponte entre um e outro conjunto depende da percepção das dificuldades do estudante e da capacidade do professor para criar novas situações adequadas às novas dificuldades.

O “ouvir o estudante” pode ser interpretado como avaliar o conhecimento mais autêntico e fielmente. Além de representar a concepção atual, a afirmação do estudante constitui “feedback” para a continuidade da atividade pedagógica.

Diante da dificuldade para ensinar o princípio da inércia, a recomendação que resta é a de estimular e encorajar o professor a ouvir os estudantes; ouvir com o objetivo de obter informações que são ao mesmo tempo final de uma etapa e ponto de partida de outra num processo que tem continuidade em direção ao conhecimento signi-

ficativo desejado. Com esta preocupação o professor tem certamente necessidade de compreender profundamente esse conteúdo para poder orientar a construção do conhecimento dos seus estudantes.

De qualquer modo, a nosso ver, a compreensão global se completará quando forem estudadas as três leis e o embricamento que há entre elas tornar-se evidente. O conceito de força que é caracterizado na 3ª lei traz ingredientes essenciais para reelaborar a concepção de “força impressa”.

Referências Bibliográficas

INHELDER, B.; PIAGET, J. **Da lógica da criança à lógica do adolescente**. Tradução por Dante Moreira Leite. São Paulo: Pioneira, 1976.

KOYRÉ, A. **Estudos galilaicos**. Tradução por Nuno Ferreira da Fonseca. Lisboa: Dom Quixote, 1986.

PACCA, J. L. A.; SARAIVA, J. F. Causalidad y operaciones en la interpretación de las concepciones espontaneas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 3, 1989.

PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE. **Física**. São Paulo: EDART, 1967. v. 3.

VILLANI, A.; PACCA, J. L. A. Difficulties for comprehension of the law of inertia. International Conference on Physics Education. Reference Frames: from Copernicus to Einstein. Torun, Poland, 1991.