

Ensinando Física...

RENATO P. dos SANTOS

Professor: — ... e a pedra foi lançada verticalmente para cima ... quais são as forças que agem sobre ela durante o movimento?

Aluno: — Tem uma força para cima.

Professor: — Para cima?

Aluno: — É.

Professor: — Bom ... eu estava pensando quando a pedra já abandonou a mão da pessoa.

Aluno: — Sim ... é para cima porque a pedra está indo para cima ... aí quando ela cai a gravidade puxa ela para baixo.

I magine que está andando e ao mesmo tempo carregando uma pedra na mão, parada à altura da cintura. Se deixa cair a pedra sem parar de andar, onde a pedra tocará o solo? Adiante de si, ao seu lado ou atrás de si?¹

Não é necessário ter tido qualquer formação em Física para dar uma resposta à pergunta anterior: trata-se de uma situação do quotidiano. Todos nós, desde as nossas primeiras explorações do mundo que nos rodeia em bebés ou pouco mais que isso, começamos a adquirir espontaneamente conceitos sobre o funcionamento da «máquina do mundo»². São esses conceitos que nos permitem viver o dia-a-dia, deslocarmo-nos, mover objectos, utilizar artefactos simples como alavancas, manivelas, torneiras, janelas, gavetas, cestos de papéis, e mesmo praticar desportos como futebol, ténis, tiro com arco, etc. Esses conceitos vão formando o que é chamada a «física do senso comum»³, «física intuitiva» ou ainda «física qualitativa», em oposição à Física tradicional, quantitativa⁴.

Sabe-se, porém, que o conhecimento hoje considerado como «científico» e constituindo, portanto, a Ciência «oficial» evoluiu com o passar dos tempos a partir desses mesmos «conceitos espontâneos» através de um processo de depuração por meio de experimentação cuidadosa e interpretação rigorosa. Isto é, através da observação da Natureza, dessa mesma natureza com a qual convivemos. Desta forma, poder-se-ia esperar que as pessoas tivessem ideias razoavelmente acuradas sobre o movimento dos corpos em situações familiares. Mas isto nem sempre ocorre. No ensino de Física, muitas vezes certas concepções pertencentes ao senso comum entram em conflito com os endossados pela Ciência. Até há pouco tempo, quando um tal conflito ocorria, aquela concepção era rotulada de «errada» (em inglês denominadas «*misconceptions*» ou «*misunderstandings*»); hoje em dia, prefere-se utilizar termos mais brandos como «conceitos espontâneos», «representações

¹ Vide resposta no final deste artigo.

² Note-se que essas noções também nos são transmitidas, confirmadas e reforçadas socialmente pelo círculo familiar, meios de comunicação, etc.

³ É claro que a nossa vivência propicia a formação não apenas da física do senso comum, mas igualmente da «química do senso comum», da «biologia do senso comum», da «medicina do senso comum», «psicologia do senso comum» e talvez até da «política do senso comum» mas restringir-nos-emos aqui à física.

⁴ aquela que traz más lembranças do tempo de escola à maioria dos adultos.

alternativas» ou ainda «ciência infantil». De mais a mais, apresentam notável concordância com a formulação mantida pelos filósofos até os tempos de Newton.

Na formação dos professores de Física, estes não são ensinados a ver essa realidade; antes são ensinados que houve tais pré-concepções e que foram ultrapassadas, simplesmente. Como aponta Mariano Gago, “não fomos treinados na ideia de que algumas dessas ideias se podem ter mantido na população em geral, muito menos que algumas delas são transmitidas pelo ensino - o qual é suposto combatê-las - e ainda muito menos que é importante conhecê-las.” E pergunta-se “por que razão os diferentes grupos de respostas parecem pertencer a diferentes épocas da história «documentada» da física, e ainda por que razão, desse ponto de vista, certas épocas se encontram mais presentes do que outras. Este é um problema cultural que seria importante entender.”

Alguns exemplos de conceitos espontâneos frequentes e similares aos mantidos pelos filósofos medievais são:

a) O conceito de que um objecto impulsionado (pela mão, por um canhão, etc.) adquire «algo», um «impulso» (ou «ímpeto», como o chamavam os filósofos pré-Newtonianos) que lhe permite continuar a mover-se (possivelmente aumentando a velocidade) mesmo após terminar a acção do impulsionador, enquanto vai sendo «consumido» ou «dissipado» esse ímpeto, após o que o movimento termina. Assim, no caso de uma bala lançada por um canhão, sua velocidade aumentaria até um máximo após o que, extinto o ímpeto, cairia ela verticalmente pela acção de seu peso.

b) O conceito de que a força aplicada a um objecto relaciona-se com a velocidade que possui. Desta forma, se o objecto está parado, não haveria nenhuma força actuando sobre ele. Ao contrário, se um objecto está em movimento, haveria necessariamente uma força. Note-se que este conceito implicaria que um objecto em repouso não sentisse a influência da força da gravidade, mas somente quando estivesse a cair!

c) O conceito de que um objecto movendo-se em trajectória curva adquiriria um «ímpeto circular», uma «memória» do movimento que realizava, a qual tenderia a mantê-lo em trajectória curva. Tal seria o caso de uma pedra lançada por uma funda.

d) O conceito de que a velocidade de queda de um objecto depende do seu peso, isto é, um objecto pesado cai mais rápido que um leve.

Os dois primeiros conceitos espontâneos sugerem a aplicação de um princípio de causa e efeito, ou seja o movimento - efeito - é consequência da força ou do ímpeto - causa. A ausência de um implicaria na ausência do outro. É fácil de ver que tal concepção deriva da experiência quotidiana de que um objecto em movimento eventualmente pára após algum tempo se não estiver a ser continuamente impulsionado. A física Newtoniana ensina que o efeito da força não é a velocidade mas a variação da velocidade. E desta forma, é possível o movimento sem a actuação de um ímpeto. De facto, um objecto completamente livre de forças, especialmente forças de atrito e de resistência do ar, move-se em linha recta indefinidamente.

Quanto ao movimento curvo, lembramos da experiência de Piaget em que a criança tem de acertar com uma funda uma pedra no orifício de uma caixa a alguns metros de distância. Perguntada sobre qual o momento ideal para a liberação da pedra, antes dos dez anos, é frequente a criança responder que este é quando a pedra está no ponto mais próximo da caixa ou ainda que é no ponto mais próximo, embora liberte-a correctamente a 90° da direcção da caixa! Isto é, conforme aponta Piaget, até os dez anos, a criança sabe como realizar a tarefa, embora não seja capaz de explicar como a faz. Sucederá que muitas pessoas estejam ainda num estágio do desenvolvimento

cognitivo em que formalizem situações deste tipo diferentemente do que as realizem? Aparentemente não pois McCloskey realizou experimentos em que um terço dos participantes adultos efectivamente tentavam que um objecto realizasse uma trajectória curva após a sua liberação pela mão impulsionando-o num movimento curvilíneo semelhante à produzida pela funda!

Qual seria, porém, uma explicação para o fenómeno das pessoas «verem» uma trajectória irreal para os objectos em queda? Aparentemente «vê-se» não o que está diante de nossos olhos mas o que nossa mente nos diz que ali está. Talvez à semelhança do que foi apontado por Edwards, com relação ao desenho: quando tentamos desenhar um objecto em perspectiva, uma cadeira, por exemplo, tentamos manter suas dimensões à mesma proporção do objecto real (o qual sabemos como é) e confrontamo-nos com o problema do aparente encurtamento da profundidade resultando num desenho deformado! Assim, os óculos de uma pessoa vista a perfil de três quartos será desenhado frequentemente visto de frente, i.e., com as lentes redondas, pois sabemos que elas assim o são! McCloskey propõe que o movimento de um objecto com relação a um referencial também em movimento pode ser interpretado incorrectamente como acontecendo com relação a um referencial estacionário. Isto quer dizer que nosso olho acompanharia a pessoa em movimento e acreditaria ter visto a pedra realizar um movimento com relação ao chão que na verdade realizou com relação à pessoa que a carregava, porque afinal, é este o movimento «correcto»! Experimentos realizados para verificar esta hipótese utilizando imagens geradas por computador e por vídeo demonstraram que uma percentagem elevada dos participantes era iludido e «via» uma trajectória irreal quando o transportador da pedra era visível durante a queda mas indicava a trajectória correcta quando não havia este referencial em movimento.

Num inquérito a cerca de mil adultos realizado por Mariano Gago, em confirmação à presença de um conceito espontâneo, um participante respondeu «A experiência mostra que é assim.», embora em seguida afirme nunca ter feito a experiência pessoalmente! “A maioria da população inquirida parece assim exigir a experiência como validação para a sua própria convicção, ainda que não tenha feito a experiência.” Se faz sentido, se é razoável, deve ser verdadeiro e nossos sentidos devem corresponder a essa verdade! Aqui começa-se, todavia, a construir a «física do bom senso(?)» mais que a física do senso comum. Note-se, porém, que o «bom-senso» foi um sério obstáculo ao desenvolvimento e posterior aceitação dos conceitos indigestos da física moderna. Assim, um dos mais brilhantes cientistas modernos propôs que a geometria não-euclidiana («encurvada») incluída na Teoria da Relatividade Geral fosse abandonada em favor da geometria tradicional («sensata»), devendo os efeitos físicos observados e atribuídos à curvatura do espaço-tempo ser tratados por correções nas equações!

Vários autores apontam que durante o processo de aprendizado formal de física, os conceitos «oficiais» antes superpõem-se aos conceitos espontâneos do que os substituem. E estes afloram ocasionalmente durante a resolução de problemas: “Em geral quando o problema envolver muitos elementos formais usarão a aprendizagem formal; quando o problema envolver elementos do dia-a-dia e com características bem figurativas ou capazes de estimular a percepção, usarão o esquema espontâneo”(Villani e outros). Citando novamente Mariano Gago “A escolaridade é tipicamente o veículo pelo qual se estabelece algum diálogo, provavelmente difícil, entre as representações que a Ciência produz e as representações existentes. Mas será que a escola, afinal, e paradoxalmente, não acaba por transmitir e reforçar o universo

de representações comuns - pela sua forma de «ensinar» ciência?» Como critica Bachelard: “É ainda esta ciência para filósofos que ensinamos aos nossos filhos. ... É a ciência experimental das instruções ministeriais: ...desconfiem do abstracto, da regra ... Pouco importa se o pensamento for, por consequência, do fenómeno mal visto para a experiência mal feita. Pouco importa se a ligação epistemológica assim estabelecida for do pré-lógico da observação imediata para a sua verificação sempre infalível pela experiência comum...”

de Kleer, Hayes, Forbus e outros durante os anos 70 investigaram a compreensão do mundo físico utilizando computadores e técnicas de Inteligência Artificial com a proposta de construir um «engenheiro artificial» ou um «cientista artificial». Neste trabalho foram confrontados com o facto de que o conhecimento físico da cinemática e as leis de Newton compreendiam apenas uma pequena fracção do conhecimento necessário para resolver mesmo problemas simples. Muito do conhecimento é pré-físico e não é geralmente tornado explícito ou ensinado nas salas de aula, antes é acumulado por crescer-se no mundo físico. Mas para se desenvolver máquinas que se pretendam capazes de raciocinar sobre o mundo, esse conhecimento deve ser codificado, bem como estratégias de resolução, e essa tarefa mostrou-se muito difícil, exigindo considerável esforço. Um subproduto desse esforço, todavia, seria a identificação e a formalização desse conhecimento pré-físico e dos métodos de solução de problemas de forma a eventualmente facilitar seu ensino.

Numa situação de sala de aula Villani recomenda “atentar durante o curso para o aparecimento de noções espontâneas diferentes das formais que são ensinadas. Explorá-las e analisá-las para que não constituam estruturas de conhecimento superpostas.” E Nussbaum acrescenta: “Alunos, do mesmo modo que cientistas, constróem uma visão de mundo que os capacita a lidarem com situações. Transformar essa visão não é tão simples quanto fornecer aos alunos experiências adicionais ou dados sensoriais. Envolve também ajudá-los a reconstruir as suas teorias ou crenças, a experimentar, por assim dizer, as evoluções paradigmáticas que ocorreram na história da ciência.”

E, afinal, qual é a resposta à pergunta inicial? Ela é: A pedra tocará o chão exactamente ao seu lado. Experimente com atenção! Olhe para baixo, para a pedra à medida em que ela cai! Note também que quando viaja de avião, serve-se de café sem lembrar que está em movimento com relação ao chão e não lhe ocorre colocar o bico da cafeteira adiante ou atrás da chávena. Da mesma forma, não ocorre aos construtores de transatlânticos colocar o trampolim na proa para que o saltador mergulhe na piscina da popa quando esta lhe passar por baixo. Assim, porque deveria a pedra fazer outra coisa que cair verticalmente do seu ponto de vista indo tocar o chão ao lado de seus pés, tal como se estivesse parado?

BIBLIOGRAFIA

- BACHELARD, Gaston, *A Epistemologia*, Edições 70, Lisboa, 1990, p. 16.
EDWARDS, Betty, *Desenhando com o Lado Direito do Cérebro*, Ediouro, Rio de Janeiro, 1979.
MARIANO GAGO, José, *Quantidades e Qualidades na Física do Senso Comum*, in *Matemática e Cultura I*, coord. de J. Furtado Coelho, Centro Nacional de Cultura, Cosmos, 1992, pp. 151-161.
McCLOSKEY, Michael, *Intuitive Physics*, Scientific American, 248(4):122-130, 4/1983.
NUSSBAUM, N., NOVICK, S., *Creating Cognitive Dissonance between Students' Preconceptions to Encourage Individual Cognitive Accommodation and a Group Cooperative Construction of a Scientific Model*, AERA National Conference, Los Angeles, 1981, citado em ZYLBERSZTAJN,

- Arden, *Concepções Espontâneas em Física : Exemplos em Dinâmica e Implicações para o Ensino*, Rev. de Ensino de Física, 5(2):3-16, 12/1983.
- PIAGET, Jean, *La Prise de Conscience*, PUF, Paris, 1974, citado in KAMII, Constance, *O Conhecimento Físico e o Número na Escola Infantil*, Revista Aprendizagem/Desenvolvimento I(3):9-28, 3º trimestre de 1981.
- VILLANI, A., PACCA, J.L.A., KISHINAMI, R.I., e HOSOUME, Y., *Analisando o Ensino de Física : Contribuições de Pesquisas com Enfoques Diferentes*, Rev. de Ensino de Física vol. 4, 1982; *Concepção Espontânea sobre Movimento*, Rev. de Ensino de Física 7(1):37-45, 6/1985.
- WELD, Daniel S., e de KLEER, Joahn, *Qualitative Physics : A Personal View*, in idem, *Readings in Qualitative Reasoning about Physical Systems*, Morgan Kauffman, 1990, pp. 1- 8; HAYES, P., *The Naive Physics Manifesto*, in *Expert systems in the Microelectronics Age*, MICHIE, D., (ed.), Edinburgh University Press, 1979; FORBUS, Kenneth, D., *Qualitative Physics: Past, Present, and Future*, in *Exploring Artificial Intelligence*, SHROBE, Howard, (ed.), Morgan Kaufmann, 1988, pp. 239-296.

Nome do arquivo: Ensinando Física....doc
Pasta: C:\Documents and Settings\Trader\My Documents\My Work\Meus
trabalhos\Revista Cadernos de Educação
Modelo: C:\Documents and Settings\Trader\Application
Data\Microsoft\Modelos\Normal.dot
Título: Ensinando Física...
Assunto:
Autor: Prof. Dr. Renato P. dos Santos
Palavras-chave: intuitive physics, physics education
Comentários: trabalho submetido ao nº 6 de A Voz do Olhar
Data de criação: 3/5/1995 1:00
Número de alterações: 37
Última gravação: 20/10/1997 3:51
Gravado por: Renato P. dos Santos
Tempo total de edição: 462 Minutos
Última impressão: 22/5/2008 6:09
Como a última impressão
Número de páginas: 5
Número de palavras: 2.277 (aprox.)
Número de caracteres: 12.302 (aprox.)